मानचित्र तथा प्रयोगात्मक भूगोल

लेखराज सिंह, एम० ए०, डी० फिल०
असिस्टन्ट प्रोफेसर, भूगोल विभाग,
प्रयाग विश्वविद्यालय ।

तथा

रघुनन्दन सिंह, एम० ए०,
भूतपूर्व प्रवक्ता, भूगोल विभाग,
प्रयाग विश्वविद्यालय ।

मूल्य १०·००

सेन्ट्रल बुक डिपो
इलाहाबाद

दो शब्द

आज जब कि हिन्दी राष्ट्र-भाषा के गौरवशाली पद पर आसीन है तथा उच्च-शिक्षा के माध्यम के रूप म निरन्तर लोक-प्रिय होती जा रही है, भूगोल प्रभृति विषयों में उच्चकोटि की हिन्दी पुस्तकों का वहुत अभाव है । । "मानचित्र तथा प्रयोगात्मक भूगोल" जिसके अंग्रेजी में चार संस्करण प्रकाशित हो चुके हैं तथा जिसे भारतीय विश्वविद्यालयों में बड़ी लोकप्रियता प्राप्त हो चुकी है, विश्वविद्यालयोपयोगी भौगोलिक साहित्य के संवर्धन का एक अनूठा एवं सफल प्रयास है । आशा है कि यह पुस्तक प्रयोगात्मक भूगोल की व्याख्यात्मक समीक्षा द्वारा विषय-सामग्री को सुबोध एवं सर्वग्राह्य बनाने मे विद्यार्थियों के लिए अत्यन्त उपयोगी सिद्ध होगी ।

हम उन सभी विद्वान लेखकों के प्रति आभारी हैं जिनकी मौलिक रचनाओं से इस पुस्तक को योगदान प्राप्त हो सका है ।हम उन सभी विश्वविद्यालयों के सहयोगी अध्यापकों के प्रति कृतज्ञ हैं जिनसे हमें प्रत्यक्ष अथवा परोक्ष रूप से प्रोत्साहन प्राप्त होता रहा है । हम स्वर्गीय डा० रामनाथ दुबे, भूतपूर्व अध्यक्ष, भूगोल विभाग, प्रयाग विश्वविद्यालय, के प्रति विशेष आभार प्रकट करते हैं जिनके स्नेह, प्रेरणा एवं पथ-प्रदर्शन में ही हम पल्लवित हुए तथा जिनकी मूक आकाशवाणी आज भी हमें सनातन धर्म का सत्यं-शिवं-सुन्दरं सन्देश सुना रही है । हम अपने सहयोगियों, विशेष कर डा० मुहम्मद नसीर खाँ तथा डा० राम लखन द्विवेदी, भूगोल विभाग, प्रयाग विश्वविद्यालय, के प्रति भी कृतज्ञ हैं । डा० रामलोचन सिंह, अध्यक्ष, भूगोल विभाग, बनारस हिन्दू विश्वविद्यालय, तथा डा० परमेश्वरी दयाल, अध्यक्ष, भूगोल विभाग, पटना विश्वविद्यालय, से प्राप्त प्रगाढ़ स्नेह, सहानुभूति एवं प्रेरणा के हेतु हम उनके प्रति विशेष आभार एवं सम्मान प्रकट करते हैं ।

संशोधन के लिए पाठकों के उपयोगी सुझाव प्रार्थनीय है।

मई २, १९६४ लेखक

विषय-सूची

विषय पृष्ठ

विषय | पृष्ठ

विषय पृष्ठ

अध्याय १

मानचित्र

आवश्यकता

मानचित्र भूगोल का अत्यन्त आवश्यक अंग है, क्योंकि मनुष्य और वातावरण के पारस्परिक सम्बन्धों की व्याख्या में वह प्रत्यक्ष योग देता है। भूगोल वेत्ता को वातावरण सम्बन्धी जटिल परीक्षण के लिए स्वाभाविक रूप से उसकी प्राकृतिक रूप-रेखा, जैसे, पहाड़, मैदान, पठार, नदी, प्रपात जगल, वर्षा और तापक्रम आदि तथा सांस्कृतिक रूप-रेखा जैसे सड़क, रेल, मकान, पुल, कुँआ, मंदिर तथा कारखाना आदि से पूर्ण परिचित होना पड़ता है। इसके विवरण एवं रूप इतने अधिक हैं कि न तो उनका स्मरण रखना सहज है और न उन उल्लेखों को व्यक्तिगत रूप से नियत रूप देने के लिए सहज दर्शन ही सम्भव है, क्योंकि मनुष्य जीवन क्षण भंगुर जो है। इस कारण से एक स्पर्शनीय या स्पष्ट पहुँच हेतु एक ऐसे माध्यम की आवश्यकता हैं जो भूगोल वेत्ता को शीघ्र और सही सूचना देकर उसके सम्मान की रक्षा करे। मानचित्र भूगोलवेत्ता के उद्धार-हेतु अवतीर्ण हुआ और उसने अपने को सफल निर्देशक सिद्ध किया क्योंकि इसमें संक्षिप्तता का सबसे बड़ा गुण निहित रहता है तथा शीघ्र उल्लेखों या संकेतों के लिए सुविधाजनक कागज पत्रों पर भू-दृश्यों के शब्दाम्बर पूर्ण विवरणों को चित्रित करता है।

मानचित्र की परिभाषा

"मैप" (Map) शब्द का मूल उद्‌गम लैटिन शब्द 'मापा' (Mappa) है जिसका अर्थ है 'कपड़े की एक रूमाल'। सम्भवतः "मापा" अथवा 'मापा मुण्डी' (Mappa Mundi) ने रोमनवासियों को विशेष आकर्षित नहीं किया। अतः उन लोगों ने इसके लिए 'फोर्मा' (Forma); टेबुला कोरोग्राफिआ' (Tabula Choragraphia) ऑर्बिस पिक्टस (Orbis pictus); 'स्फेयरा' (Sphaera) तथा कभी-कभी 'पिक्चुरा' (Pictura) शब्दों का प्रयोग किया। 'मपा' शब्द के प्रचलित करने का श्रेय 'सेन्ट रिक्वीयर' के मठाधीश मिकन को है जिसने सर्वप्रथम १८४० ई० में मध्यकालीन विश्व के मानचित्र के लिए 'मापा मुण्डी' शब्द का प्रयोग किया। शताब्दियों तक यह शब्द प्रयोग में आता रहा और अन्त में उसके परिवर्तित रूप 'मैप' ने सर्वसाधारण से स्वीकृति भी प्राप्त कर ली। अब तो यह शब्द अत्यधिक प्रचलित हो गया है।

साधारणतया मानचित्र, पृथ्वी (अथवा उसके किसी भाग) का जैसा कि वह ऊपर से दृष्टिगत होती है, परम्परागत लघुमापक चित्रण है।

स्पष्टतया एक मानचित्र आकार में, पृथ्वी के धरातल के वास्तविक क्षेत्रफल की अपेक्षा जिसको वह एक आदर्श रूप में प्रदर्शित करता है, बहुत ही छोटा होता है। इसका कारणयह है कि सभी क्षेत्रीय विशेषताओं को मानचित्र की सीमाओं के भीतर प्रदर्शित किया जाता है। अतः प्रत्येक मानचित्र को एक ऐसे पैमाने से खींचना चाहिए कि जो मानचित्र के दो बिन्दुओं की दूरी तथा पृथ्वी के धरातल पर उसकी संगतीय दूरी के बीच समन्वय स्थापित कर सके। अतः प्रत्येक मानचित्र के लिए एक मापक अनिवार्य है। मापक (Scale) के बिना वह केवल एक रेखाचित्र या आकृत ही कहा जा सकता है, मानचित्र नहीं। भूगोल के विद्यार्थी को मानचित्र पर चिन्हित वस्तुओं के स्थान को देखने के लिए मापक के प्रयोग की जटिलताओं को पूर्ण रूप से समझ लेना चाहिए अतः मापक तथा उसके प्रयोग-विधि का ज्ञान भूगोलवेत्ता तथा मानचित्रकार दोनों के लिए ही बहुत महत्वपूर्ण है।

एक मानचित्र समधरातल पर खींचा जाता है जिससे यह केवल लम्बाई चौड़ाई के विस्तार को ही प्रदर्शित कर सकता है। किन्तु पृथ्वी का धरातल वास्तव में चपटा न होकर वक्राकार और त्रिविस्तारीय (लम्बाई, चौड़ाई और मोटाई) है अतः एक मानचित्र द्विविस्तारीय चपटे धरातल पर एक त्रिविस्तारीय वक्राकार धरातल का चित्र है। पृथ्वी का ठीक-ठीक प्रतिरूप 'ग्लोब' है, एक मानचित्र नहीं, क्योंकि मानचित्र तृतीय विस्तार—सभी मानचित्रों के अजेय बाधा को चित्रित नहीं कर सकता।

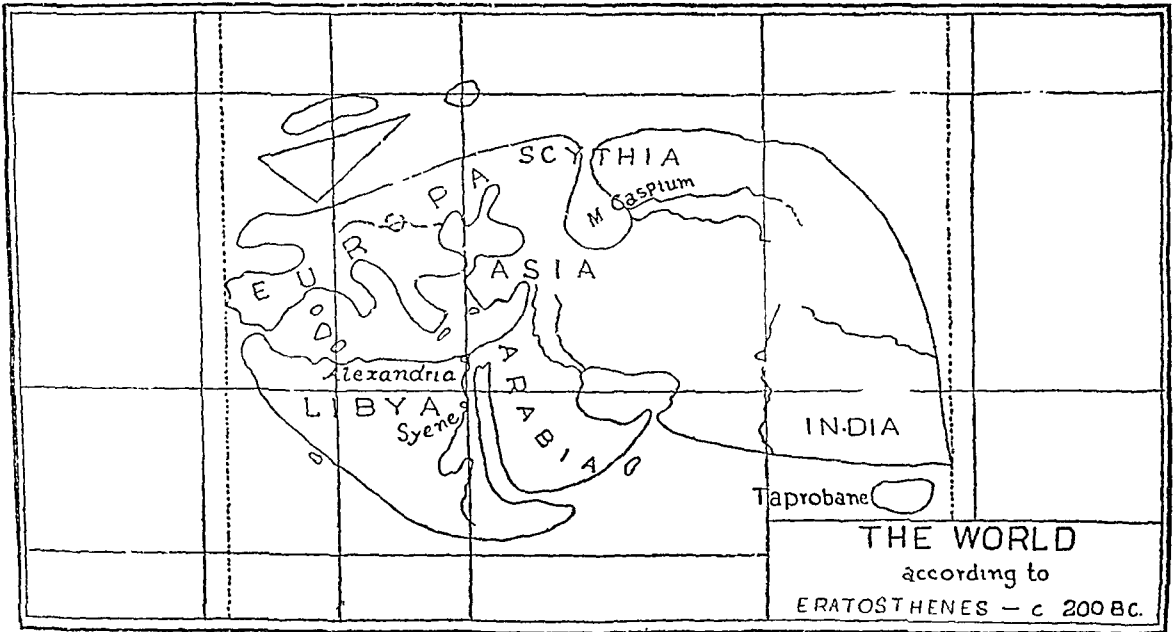
वास्तव में मानचित्रों का निर्माण एक वक्राकार धरातल को समधरातल में परिवर्तित करने की समस्या को उपस्थित करता है। इस समस्या का समाधान प्रक्षेपों (Map Projections) के उपयोग द्वारा हुआ है। इसी कारण हम लोगों के अध्ययन में इनका महत्वपूर्ण स्थान है।

एक मानचित्र को पृथ्वी के धरातलीय नमूने का परम्परागत प्रतिरूप कह सकते हैं, क्योंकि मानचित्र पर अनेक भू-चित्रों के आकार कुछ निश्चित चिन्हो की सहायता से चित्रित रहते हैं। इन चिन्हों को परम्परागत चिन्ह (Coventional Signs) कहते हैं। मानचित्र रचना सम्बन्धी कोई भी चित्र जिसमें व्यक्तिगत विवेक से स्वेच्छाचारी चिन्हों का प्रयोग होता है, केवल एक रेखा-चित्र हो सकता है, मानचित्र नहीं। इस कारण से ये परम्परागत चिन्ह (Coventional Signs) मानचित्र की व्याख्या के लिए सर्वाधिक महत्व के हैं।

मानचित्र की अपनी एक और विशेषता है। यह पृथ्वी के धरातलीय नमूना का, जैसा कि वह ऊपर से दृष्टिगत होता है, प्रतिरूप है। ऊँचाई विशेष से देखने पर सभी आकार अपने अनुपातिक ऊँचाई से कम ज्ञात होते हैं और उनमे से प्रत्येक बड़ी दूर तक सम रूप से स्पष्ट दिखाई दे सकता है। एक किनारे से देखने की अपेक्षा ऊपर से देखने पर अपेक्षाकृत अधिक भू-क्षेत्र दिखाई देगा। इसके अतिरिक्त, छायाचित्र में जैसे-जैसे वस्तु से 'केमरे' की दूरी बढ़ती जाती है, वस्तु का आकार छोटा होता जाता है। इसलिए एक मानचित्र के लिए यह मान लिया जाता है कि हम ऊपर से इसके धरातल को देख रहे हैं। अतः सम्पूर्ण प्रयोगिक कार्यो के लिए ऊँचाई का बहुत कम महत्व है।

मानचित्रों की ऐतिहासिक पृष्ठ-भूमि

(अ) प्रारम्भिक युग

मानचित्रों का इतिहास बहुत ही प्राचीन है। इसका प्रारम्भ कब से हुआ, यह अब भी अतीत के गर्भ में छिपा है। प्राप्त सूचनाओं तथा मिश्र में बने हुए कुछ उपलब्ध मानचित्रों के आधार पर मानचित्र रचना की वंश-परम्परा में उसका (मिश्र का) स्थान प्रथम निर्धारित किया जाता है। सम्भवतः प्राचीनतम वास्तविक मानचित्र को जो सुरक्षित है, 'ट्यूरिन पैपीरस' (Turin Papyrus, लगभग १३२० ई० पू०) कहा जाता है। इसमें मिश्र के सोने की खान का रेखा चित्र है। निसन्देह नील नदी की घाटी के मानचित्र का निर्माण प्राचीन काल में ही हो गया था जिसमें

चित्र १

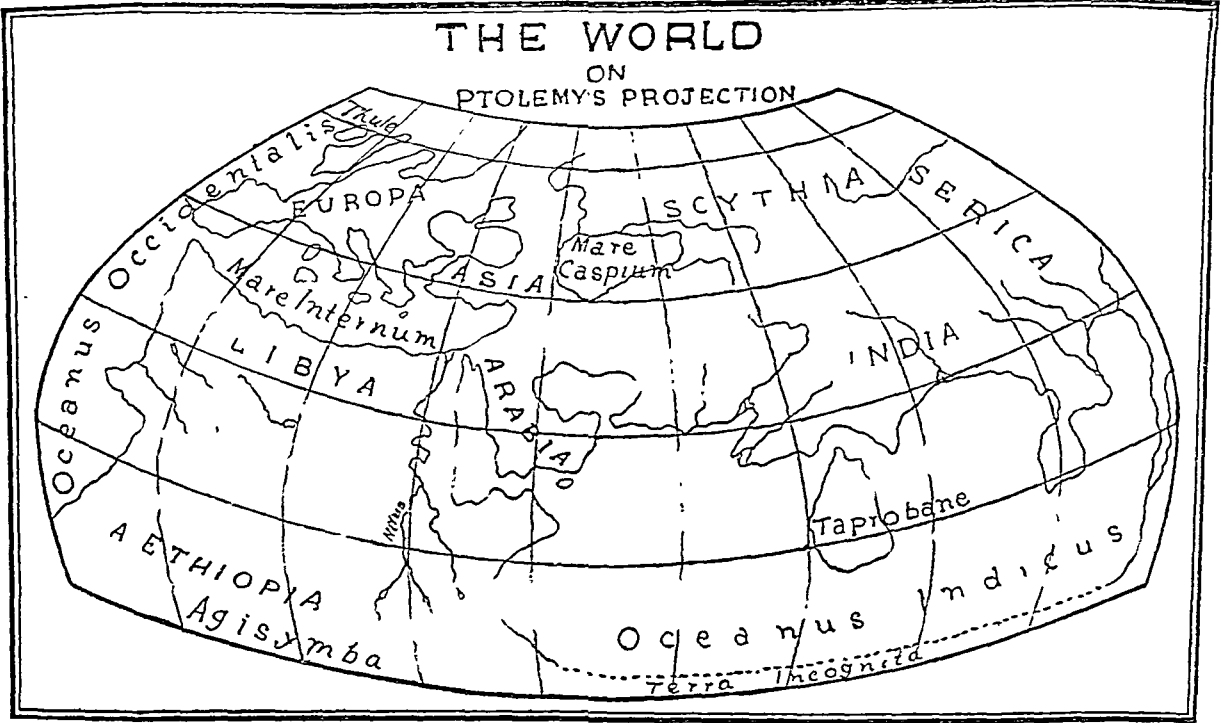
स्थलीय प्रदेशों के बीच सीमा रेखाएँ खींची गई थीं। ये मानचित्र आज के लेखपालों के मानचित्रों से बहुत मिलते-जुलते हैं।

सर्व प्रथम बेबीलोन वासियों ने विश्व के मानचित्र के सम्बन्ध में अपनी युक्तिपूर्ण धारणा को सामने रखा। यह धारणा मध्य युग तक चलती रही। उन लोगों ने आकाशीय वृत्त को ३६० अंशों में, फिर अंश को मिनटों में तथा मिनट को सेकेन्डों में बाँट कर षष्टिमूलक प्रणाली (Sexagesimal system) को प्रचलित किया। इसी प्रकार उन्होंने दिन को घंटों, मिनटों तथा सेकेण्डों में विभाजित किया और पृथ्वी तथा आकाश के अन्यान्य सम्बन्ध स्थापित

करके तारों के साक्षेप में मानचित्र बनाया। कोण नापने के प्राचीन यन्त्र 'नोमोन' (Gnomon) का आविष्कार सर्व-प्रथम हेरोडोटस ने किया। कहा जाता है कि चार प्रधान दिशा विन्दुओं की कल्पना भी सर्व प्रथम वेबीलोन वालों ने ही की। ७वीं शती ईसा पूर्व प्रचीन नगर—मानचित्रों के निर्माण का श्रेय भी उन्हों लोगों को है।

यूनानियों की देन

किन्तु आधुनिक मानचित्र रचना का प्रासाद वास्तविक रूप से यूनानी भूगोल वेत्ताओं द्वारा निर्मित सुदृढ़ नींव पर खड़ा है। होमर की धारणा थी कि पृथ्वी एक चपटे ढाल के आकार की है और एक चौड़ी 'ओसेनस' (Oceanous) नदी से घिरी हैं। माइलटस्केएनैक्जीमैंडर ने ६०० ई० पू० के लगभग विश्व का एक मानचित्र बनाया। उसके ३५० वर्ष पश्चात एक अन्य यूनानी भूगोल वेत्ता इरैस्टोथेनीज (Erastothenes) ने पृथ्वी के गोलकत्व को स्वीकार किया ओर उसकी परिधि का युक्ति-संगत भौमितिक मान निकालकर भूगोल वेत्ताओं का पथ प्रदर्शन किया। उसके पहिले किसी भी अन्य भूगोल-वेत्ता न इस प्रकार का आश्चर्यजनक कार्य नहीं किया था। इरैस्टोथेनीज द्वारा निकाला गया पृथ्वी की परिधि का मान वास्तविक परिधि के मान से १४% कम था। उसके द्वारा निर्मित उसके समय के ज्ञ त विश्व का मानचित्र उसके उत्तराधिकारियों द्वारा संशोधित रूप में प्रकाश में आया। उसका विश्व जिब्राल्टर से भारतवर्ष तक प्रशस्त था।

गणित-ज्योतिषी हिपार्कस (Hipparchus, १४० ई० पू०) ने इस आधार पर कि इरैस्टोथेनीज द्वारा निर्मित विश्व का मानचित्र अधिक काल्पनिक है, उसकी आलोचना की और यह प्रस्ताव रक्खा कि मानचित्रों का निर्माण गणित ज्योतिष सम्बन्धी निरीक्षणों द्वारा निश्चित अक्षाँसों और देशान्तरों के आधार पर होना चाहिए। उसने निरन्तर प्रक्षेपों के प्रयोग की, जैसा कि उसने अपने नक्षत्रों के मानचित्रों के वर्णन में किया था, सिफारिश भी की। जलवायु-कटिबन्धों की कल्पना का श्रेय भी हिपार्कस को ही है। उसकी जलवायु कटिबन्धों की कल्पना क्रमिक समानान्तर रेखाओं पर सबसे बड़े दिन की लम्बाई तथा भिन्न-भिन्न नक्षत्रों के निरीक्षण पर आधारित है।

चित्र २

ग्रीक मानचित्र रचना ने क्लाडियस टालमी (Claudius Ptolemy, ९०-१६८ ई०) के हाथों चरमोत्कर्ष का स्थान प्राप्त किया। उसने प्राचीन विश्व को एकदम से चौंका दिया। उसके गणित-ज्योतिष तथा गणित के ज्ञान ने मानचित्र रचना को वास्तविक देन देकर उसे उपयुक्त स्थान पर प्रतिष्ठित किया। उसकी पुस्तक 'जाग्राफिया'

(Geographia) का आठवाँ भाग केवल मानचित्र रचना की समस्याओं से ही सम्बन्धित है। उसका प्रसिद्ध विश्व-मानचित्र जिसकी सीमायें जिब्राल्टर से चीन तक तथा नील नदी की मुख्य धारा से ब्रिटिश द्वीप समूह के पार तक प्रसरित था, यथोचित शंकु प्रक्षेप पर चित्रित था। इस प्रकार टाल्मी का मानचित्र, जिसको हिपार्कस ने आदर्श रूप में मान लिया था, इस रूप में सामने आया। निस्सन्देह ही उसके मानचित्र के दक्षिणी और पूर्वी भागों में बड़ी अशुद्धियाँ थी भारत का दक्षिणी प्रायद्वीप बहुत सिकुड़ा हुआ था जब कि श्रीलंका अनुपातिक रूप में बहुत बड़ा दिखाया गया था; अफ्रीका के आकार और उसके स्थान ने हिन्द महासागर को एक बंधे हुए समुद्र के रूप में कर दिया था। इन सब अशुद्धियों के होते हुए भी मानचित्र रचना सम्बन्धी देन के लिए टाल्मी की प्रशंसा किए बिना हम नहीं रह सकते। १६वीं शताब्दी तक पश्चिमी यूरोप के किसी भी मानचित्रकार ने इस दिशा में कुछ भी प्रगति नहीं की।

रोमवासियों की देन

यह कथन उचित ही है कि "गणतंत्र राज्य ने बिना मानचित्रों के विश्व विजय की लेकिन साम्राज्य ने मानचित्रों के प्रयोग से उसका शासन किया[1]" (The republic conqered the world without maps, but the Empire governed it by using them). मानचित्र रचना के क्षेत्र में रोमन लोगों की पहुँच विशेष रूप से उपयोगिता पर अवलम्बित थी। उन लोगों ने ऐसे मानचित्रों की रचना की जो उनके सैनिक तथा प्रशासकीय कार्यों में सहायक स्वरूप थे। व्यवहारिक रूप में उन लोगों ने वैज्ञानिक मानचित्र रचना के क्षेत्र में कोई ऐसा महत्वपूर्ण योग नहीं दिया जैसा कि उनके ग्रीक पूर्वाधिकारियों ने दिया था। विस्तृत प्रक्षेपों तथा गणितीय गणनाओं से बिल्कुल उदासीन होकर उन लोगों ने अपने उपयोग के लिए गोलाकार मानचित्रों का प्रयोग किया। उन्होंने अपने "आर्बिस टेरारम" (Orbis Terrarum) अर्थात् विश्व मण्डल को एक चक्राकार मानचित्र के भीतर रक्खा और उसमें प्राचीन विश्व के तीन महाद्वीपों को दिखाया जिसमें एशिया सुदूर पूर्व में ऊपरी भाग को सुशोभित करता था। इस मानचित्र पर रोमन राज्य जिसमें भूमध्य सागर का तट भी सम्मिलित था, आनुपातिक रूप से बहुत बड़ा चढ़ाकर दिखाया गया था जब कि भारत, चीन तथा रूस एक बाह्य रेखा पर बहुत ही छोटे दिखाए गए थे।

रोमवासियों द्वारा निर्मित विश्व मानचित्र ऐसा ही था। सम्भवतः अपनी रणशक्ति को चिरस्थायित्व प्रदान करने के लिए ही उन्होंने यह मानचित्र बनाया था। उस काल के मानचित्र रचना के दो अन्य नमूने भी प्राप्त हैं जो युगों से चले आ रहे हैं—पहला 'रोम का नक्शा'[2] तथा दूसरा प्रसिद्ध "टेबुला पेन्टिंगेरियना" (Tabula Pentingeriana) जो एक अव्यवस्थित विश्व की बाह्य रेखा पर राजपथ को प्रदर्शित करते हुए मानचित्र का एक प्रकार है।

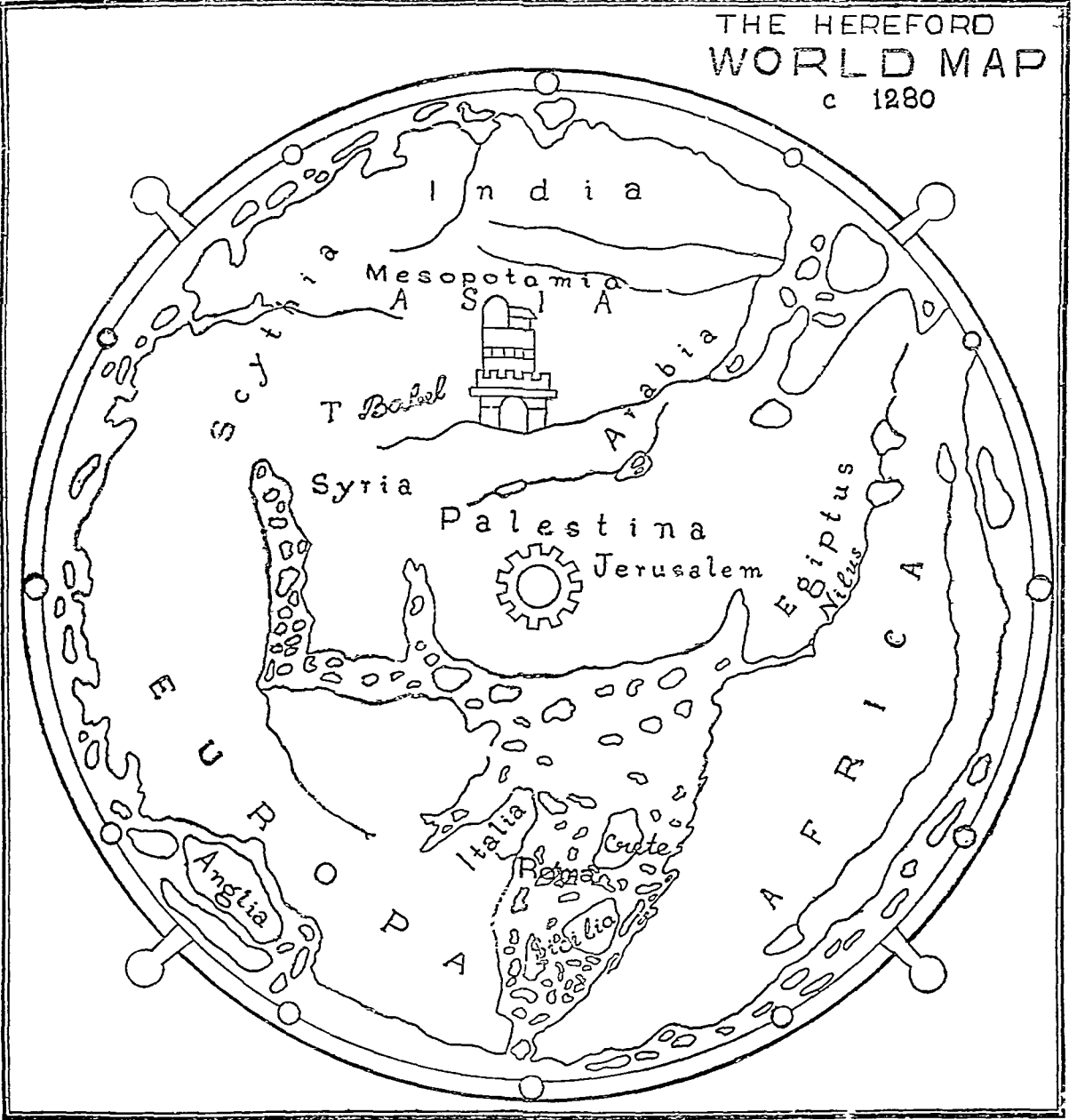
(ब) अंध युग

रोमन साम्राज्य के पतन के साथ ही अस्पष्टता तथा अस्तव्यस्तता का अन्ध युग प्रारम्भ हो जाता है। १४वीं शताब्दी तक विज्ञान भी स्थिरता और अवनति के अशुभ कुहासे से आच्छादित रहा। क्रिस्चीयन अलौकिकवाद ने इसे कल्पना एवं भावना की वस्तु बना दिया। 'आर्बिस टेरारम' अथवा रोमन चक्रीय मानचित्र मानचित्रकारों का भूत बना रहा। मानचित्र रचना की वैज्ञानिक पद्धति समाप्त हो गयी तथा काल्पनिक राजाओं, राज्यों, पशुओं तथा स्थानों ने उनका स्थान ग्रहण कर लिया। बाईबिल के पाठों का अनुसरण करके जेरूसलम को विश्व के मध्य में रखा गया, क्योंकि मानचित्रकार को दैवी संगति को चिह्न द्वारा प्रकट तो करना ही था।

दूसरी ओर, परम्परागत ग्रीक मानचित्र रचना ने अरब को अपने समर्थक के रूप में प्राप्त किया। अरब वासियों ने भारत से समुन्नत गणित तथा गणित ज्योतिष का ज्ञान प्राप्त कर अपने ग्रीक पूर्वाधिकारियों का अनुसरण किया और 'क्लासिक युग' के तथा उसके पश्चात् के १५वीं शताब्दी के पुनरुज्जीवन काल के ज्ञान की टूटी हुई शृंखला को जोड़ा, यद्यपि वह शृंखला कमजोर ही रही। ८वीं शताब्दी में टाल्मी की 'जाग्रफिया' का अरबी भाषा में अनुवाद किया गया। अल खरीजमी (Al Kharizmi) ने जिसने भारत में आकर त्रिकोणमिति (Trigonometry) का अध्ययन किया था, कुछ ही काल बाद इसमें परिवर्द्धन किया। अरबवासियों की सबसे महत्वपूर्ण देन इदरीसी (Edrisi) का विश्व मानचित्र था। इस मानचित्र ने ईसाइयों तथा गैर ईसाईयों के ज्ञान के सम्मिलित प्रभाव को प्रस्तुत किया। फिर भी अरबवासियों की देन से निराशा ही हाथ लगी, क्योंकि उनके कार्यों से आभास मिलता है कि ग्रीकों के तथ्य रूप में मानी गयी बातों में संशोधन के लिए उन लोगों ने कोई गम्भीर प्रयत्न नहीं किया।

---

1. Charlesworth, M. P. "Trade Routes and Commerce of Roman Empire", C. U. P. 1924, p. 13.
2. It dates to the time of Emperor Septimius Severus (193-211 A. D.)

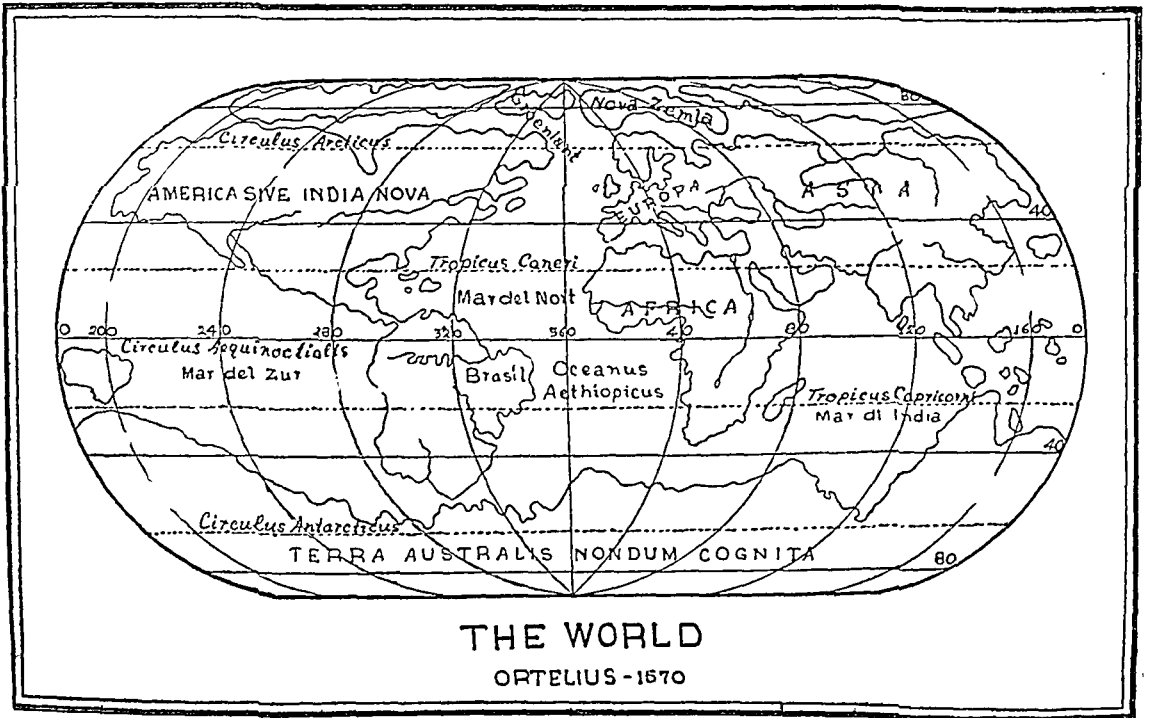
इस 'अंध युग' मे मानचित्र रचना के क्षेत्र मे सबसे महत्वपूर्ण देन जेनोआ-वासियों के सामुद्रिक आधिपत्य के संरक्षण में प्रकाश में आई, जबकि 'प्रोटोलन चार्ट' (Protolan charts) १४वीं शताब्दी के प्रारम्भ मे तैयार कर लिए गए और जो तत्पश्चात 'कैन्टालन एटलस' के रूप मे प्रख्यात हुये। ये चार्टस् भूमध्य सागर तथा उसके

चित्र ३

समीप के सागरों के नाविकों के विस्तृत अनुभव की उपज थे। परिणामस्वरूप उन चार्टों द्वारा कृष्ण सागर तथा भूमध्य सागर के किनारों को कुछ अधिक निष्ठापूर्वक चित्रित किया गया। हाँ अटलांटिक के किनारों से आयरलैंड तक अवश्य बहुत कुछ आकार विकृति हो गया। दुर्भाग्यवश आगत शताब्दियों में उन्हें अवनति का सामना करना पड़ा और उनका जीवित रहना लगभग असम्भव हो गया।

(स) खोज का युग

१५वीं शताब्दी से मानचित्र रचना का एक नया युग प्रारम्भ होता है जबकि टालमी की अरब को छोड़कर और लैटिन अनुवाद के माध्यम से उसके 'जाग्राफिया' का विस्तृत प्रचार हुआ। उसके मानचित्रों ने जिनकी पुनः खोज की गयी शेष विश्व को एक नये उत्साह से भर दिया। मानचित्र-रचना के कई प्रसिद्ध स्कूल—इटैलियन स्कूल, डच स्कूल, फ्रेंच स्कूल, इंगलिश स्कूल तथा जर्मन स्कूल विकसित हुए। सौभाग्य से यह खोज और अन्वेषण का युग था जिसने यूरोप में 'मानचित्र-चेतना' को जागृत किया। वैज्ञानिक दृष्टि से अपूर्ण होते हुए भी मानचित्र-रचना एक लाभदायक व्यापार हो गया। उन्हीं दिनों यूरोप में मुद्रण का आविष्कार हुआ और मानचित्रों के व्यापारिक उत्पादन की एक अलौकिक घटना घटी। फलस्वरूप मानचित्र-कारों के लिए एक स्वर्ण युग का सूत्रपात हुआ। यह मानचित्र-रचना के वास्तविक पुनरुद्धार का युग था।

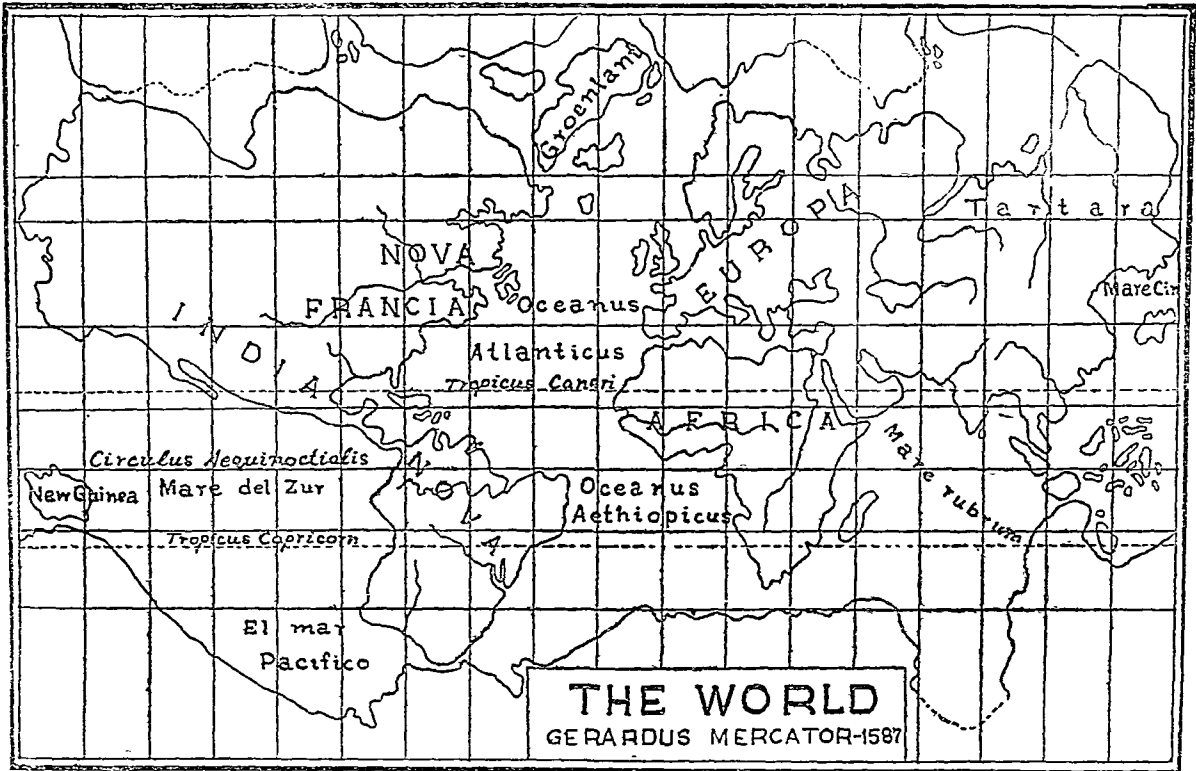
(१) इटैलियन स्कूल

अपने भव्य ग्रीक उत्तराधिकार, साहसी नाविकों तथा अन्वेपकों—कोलम्बस, वेस्पसी, कैबोट तथा वेराजनों—एवं अपनी सूक्ष्म कला को लेकर इटली ने अपनी भौगोलिक स्थित से लाभ उठाया तथा मानचित्र रचना के पुनरुद्धार में अन्य देशों का पथ प्रदर्शन किया। उसके प्रारम्भिक हस्त निर्मित मानचित्र अधिकांशतः 'प्रोटोलन' शैली में बने हैं तथा प्रशंसा के पात्र हैं। उन मानचित्रों में से दो—प्रथम, मैरीनो सानूडो (Marino Sanudc—१३०६–२१) का विश्व मानचित्र तथा दूसरा, फ्रा माउरा (Fra Maura १४५७–९) का विशाल विश्व मानचित्र अत्यधिक प्रसिद्ध हैं। किन्तु छपे मानचित्रों के क्षेत्र में क्लासिक मानचित्रों के पुनर्जीवित करने तथा 'जाग्राफिया' को प्रकाशित करने के कारण इटली का स्थान प्रथम है। इन मानचित्रों के जो संस्करण हैं उनमें इटली की अपनी शैली

चित्र ४

का अप्रतिम परिचय मिलता है। परन्तु, उनमें मध्य युग अथवा बाद के युग के मानचित्रों का अस्वाभाविक सौन्दर्य नहीं है। इसके अतिरिक्त, १६वीं शताब्दी में रोम तथा वेनिस वालों ने विश्व के सभी भागों का अलग-अलग चित्र बनाया। वेनिस के महान् चित्रकार गियाकोमा गास्टाल्डी को अनेक हार्दिक बधाइयाँ है जिन्होंने संख्या में १०९ से अधिक मानचित्र अलग-अलग प्रस्तुत किये जिसमें विश्व के मानचित्र, 'जाग्राफिया' के एक संस्करण के मानचित्र, अफ्रीका

एशिया, यूरोप, इटली, पोलैंड तथा लोम्बार्डी के विशाल मानचित्र अधिक महत्वपूर्ण हैं। इस काल के मानचित्र रचना का सर्वाधिक प्रमुख कीर्ति चिन्ह 'लेफरेरी एटलस' (रोम, १५५६-७२) है जिसमें गास्टाल्डी तथा अनेक प्रसिद्ध इटैलियन मानचित्रकारों के मानचित्र हैं।

(२) डच स्कूल

डचों के सामुद्रिक आधिपत्य तथा व्यापार के विकास के साथ ही डच प्रतिभावनों की बहुमुखी प्रतिभा चमक उठी। यदि इटैलियन मानचित्रकारों ने शास्त्रीय मानचित्र रचना को पुनर्जीवित किया तो डच मानचित्रकारों ने उसे संशोधित किया और अपनी तीव्र आलोचनात्मक बुद्धि द्वारा उसे टालमी अभिभूति प्रभावों से मुक्त किया। डच मानचित्र रचना के जनक 'जेराड्स मर्केटर' (१५१२-९४) ने अपने पूर्व के कार्यों का निरीक्षण किया और बहुत से मौलिक शोध प्रस्तुत किये। उसने निगमन प्रणाली को अपनाया, प्राप्त सूचनाओं को संकलित किया, विस्तृत यात्राओं के द्वारा प्रथम दिए हुए तथ्यों को एकत्र किया और तब अपने प्रकार का एक मानचित्र प्रस्तुत किया। उसका यूरोप का मानचित्र (१५५४) टालमी के मानचित्र का एक श्लाघनीय संशोधन था। लेकिन मर्केटर अपने मानचित्र प्रक्षेप के लिए ही अधिक प्रसिद्ध है। उसका मानचित्र प्रक्षेप अब भी नाविकों के बीच अप्रश्नवाचक श्रद्धा का स्थान ग्रहण किये हुये है। उसके प्रसिद्ध शिष्यों में से ओर्टेलियस (Ortelius) नामक एक शिष्य ने नवयुग प्रवर्तक एटलस—

चित्र ५

दि थियेटरम् आरबिस टेरारम् (The Theatrum Orbis terrarum) अथवा सम्पूर्ण विश्व का एटलटस—का प्रकाशन किया जिसने स्वयंजात प्रसिद्धि प्राप्त की। 'प्रजातन्त्र राज्य का मानचित्रकार' तथा प्रतिद्वन्दी दल का संस्थापक विलेम जैंसजोन बल्यू (Willem Janszon Blaeu) नाम का एक अन्य मानचित्रकार ने १६३४ ई० में ६ भागों में अपने 'एटलस नोवस' (Atlas Novus) को प्रकाशित किया जो उसके पुत्रों तथा पौत्रों द्वारा 'एटलस मेजर' (Atlas Major) के रूप में ११ भागों में परिवर्द्धित तथा परिवर्तित होकर प्रकाशित हुआ। इस प्रकार डच मानचित्र रचना को अधिक गति मिली और मानचित्र प्रकाशित करने वाली बीसियों एजेंसियों ने मानचित्र रचना का यहाँ तक प्रसार किया कि सम्पूर्ण यूरोप में मानचित्रों, चार्टों, ग्लोबों की बाढ़ सी आ गयी। व्यापारिकता ने एक सस्ती मनोवृत्ति को जन्म दिया, गुण ने संख्या का स्थान ले लिया तथा डच मानचित्रकार का

स्थान फ्रांसीसी कालाकार ले बैठे। कालान्तर में इंगलिश स्कूल तथा जर्मन स्कूल की उन्नति के साथ ही डच स्कूल अपने महत्व खो बैठा।

(३) फ्रांसीसी स्कूल

मानचित्रों के पुर्नरुद्धार की लहर फ्रान्स में भी पहुँची और 'जाग्राफिया' का प्रथम फ्रान्सीसी संस्करण १५३५ ई० में प्रकाशित हुआ। किन्तु फ्रान्सीसी मानचित्र-रचना का वास्तविक सूत्रपात १७वीं श० में निकोलस सैंसन (Nicolas Sanson, १६००–१६८७) के प्रभाव में आने पर हुआ। सैंसन स्वयं भी डच स्कूल से प्रभावित हो चुका था। सैंसन ने बहुत से मानचित्रों एवं एटलसों का निर्माण किया। फ्रांसीसी स्कूल का एक अन्य प्रभावशाली व्यक्ति जैलाट (Jaillot) था जिसने अपना 'एटलस नोवो' (Atlas-Novcau) १६८१ मे प्रकाशित किया और १६९२ तक उसके चार संस्करण हुए। उसका एक अन्य संस्करण १६९५ में परिवर्तित शीर्षक 'एटलस फ्रांसियों' नाम से प्रकाशित हुआ। सामन्य रूप में इन मानचित्रों को डच मानचित्रों का प्रतिरूप कह सकते हैं जिसका झुकाव अवश्य ही वैज्ञानिकता की ओर था।

(४) इंगलिश स्कूल

मानचित्र रचना के तुलनात्मक अध्ययन के आधार पर यह कहा जा सकता है कि इंगलैंड ने इस क्षेत्र में बहुत प्राचीन काल में ही प्रवेश किया था। प्राचीनतम देशीय मानचित्र, विश्व का एंग्लो सैक्सोन (Anglo-Saxon) मानचित्र का निर्माण १९वीं श० के अन्तिम चतुर्थांश में हुआ था। क्रमिक शृंखला में १३वीं शताब्दी के चार मानचित्र भी हम लोगों के ध्यान के अधिकारी है। तथापि, इंगलिश मानचित्र रचना का लक्षित करने योग्य विकास एलिजाबेथियन युग मे हुआ। ब्रिटिश स्कूल के वास्तविक संस्थापक सैक्सटोन (Saxton) तथा स्पीड (Speed) इसी युग में पैदा हुये थे। क्रिस्टोफर सैक्सटोन (१५७०-९६) ने केवल एक प्रमुख एटलस का निर्माण नहीं किया बल्कि २० पत्रों में एक बड़े पैमाने पर आधारित इगलैंड तथा वेलस के मानचित्र का भी निर्माण किया जिसका पैमाना १" = ८ मील था। जान स्पीड (१५५५-१६२९) ने सैक्सटोन के उत्तराधिकारी के रूप में उसके कार्य को और आगे बढ़ाया और १६११ मे उसने अपने Theatre of the Empire of Great Britain—प्रमुख गुण समन्वित एक एटलस जो सम्भवतः इस तरह के श्रेष्ठतम इंगलिश उत्पादनों मे से एक था—का प्रकाशन किया। स्पीड के एटलसों एवं मानचित्रों की लोकप्रियता इसी से लक्षित होती है कि १९वीं शताब्दी के अन्त तक उसके १४ पुनर्मुद्रण हो गये हैं। 'किंग्स कास्मोग्राफर' जान ओगिल्वी (John Ogilvie, १६००-७६) ने इंगलैण्ड और वेलस की सड़कों की पैमाइश की और चित्ताकर्षक सड़क मानचित्रों का प्रकाशन किया; जब कि सर विलियम पेटी (Sir William Petty) ने आयरलैण्ड की पैमाइश कर अपने मानचित्रों को एटलस के रूप मे सन् १६८३ में प्रकाशित किया। अपने प्रथम वायु-विज्ञानीय तथा चुम्बकीय चार्टो को लेकर हैले (Halley) ने १७वीं शताब्दी के ब्रिटिश मानचित्र रचना के यशस्वी अध्याय को ससम्मानपूर्ण किया।

(५) जर्मन स्कूल

मानचित्र रचना के इतिहास मे जर्मनी का एक विशिष्ट स्थान है। एक देश के रूप में स्पष्टतः ही उसने कभी रंगमंच को शासनाधिकृत नहीं किया, लेकिन एक राष्ट्रीयता के रूप में उसने कई देशों से अपने को श्रेष्ठतर सिद्ध किया तथा उसके मानचित्रकारों ने देश-विदेश में जर्मन-प्रतिभा को विख्यात किया। टालमी की 'जाग्राफिया' का प्रथम संस्करण 'निकोलाज जर्मनस' (Nicolaus Germnus) द्वारा सन् १४८२ में उल्म (Ulm) में प्रकाशित हुआ जो ससामयिक ज्ञान पर आधारित पांच नये मानचित्रों के साथ उसके इटैलियन अनुवाद का एक संशोधित रूप था। सन् १४९२ में दो प्रमुख जर्मन देनें—एक हेनरीकस मार्टेलस (Henricus Martelus), का विश्व मानचित्र तथा दूसरा मार्टिन बेहेम (Martin Behaim) का ग्लोब प्रकाश में आई।

आधुनिक शोधों ने यह निश्चित कर दिया है कि १७वीं शताब्दी जर्मन मानचित्र रचना के अत्यन्त प्रसिद्ध कालों में से है। इसी काल में जर्मनी ने अपने अनेक प्रमुख मानचित्रकारों, जैसे इत्जाब (Etzlaub) शोनर शेडेल (Schoner Schedel), वाल्डसीमूलर (Waldseemular), सेबाशियन मुन्स्टर (Sebastion Munster) इत्यादि को उत्पन्न कर इस क्षेत्र में प्रमुख स्थान प्राप्त किया। मध्य-यूरोप का मानचित्र तथा नूरेमबर्ग (Nuremberg) के पड़ोस के सड़क का मानचित्र बनाने का श्रेय कुतुबनुमा के निर्माता इज्लाब को है। जान शोनर ने चार ग्लोबों का निर्माण क्रमशः १५१५, १५२०, १५२३ तथा १५३३ किया जिसमें प्रथम ग्लोब (१५१५) मैगलन (Magellan) के इतिहास प्रसिद्ध जहाज द्वारा भू-प्रदक्षिणा के पहले के दक्षिणी अमेरिका से होकर जाने वाले मार्ग का परिचय देता है। वाल्डसीमूलर ने अमेरिका के धर्म पिता के रूप मे ख्याति प्राप्ति की, क्योंकि १५०७ मे उसी की पुस्तक 'कास्मोग्रैफियो इन्ट्रोडक्शियो' (Cosmographio Introductio—सृष्टि-रचना-परिचय) मे प्रास्तावित नाम

'अमेरिगो वेस्पसी' (Amerigo Vespucci) के आधार पर नयी दुनिया का नाम 'अमेरिका' पड़ा । सीमूलर की प्रमुख देने उसके दो मानचित्र पहला विश्व का विशाल मानचित्र जो १५०९ में प्रकाशित हुआ, तथा दूसरा विश्व का एक अन्य मानचित्र जो 'कार्टा मैरिना' (Carta Marina) नाम से १५१६ में प्रकाशित हुआ—हैं । सेबाशियन मुन्स्टर भी जर्मनी का प्रसिद्ध मानचित्रकार था जिसका सर्वश्रेष्ठ कार्य है 'जाग्रफिया यूनीवर्सलीज' (Geographia Universalis) तथा 'कास्मोग्रफिया' (Cosmographia) ।

(द) संशोधन का युग

१८वीं शताब्दी नयी आशाओं तथा नयी महत्वाकांक्षाओं के साथ प्रारम्भ हुई और मानचित्र रचना ने आधुनिक होने के लिए संशोधन एव रूपान्तरीकरण का अभूतपूर्व प्रयास किया । अपेक्षाकृत अच्छे पोत संचालन सम्बन्धी तथा पैमाइश के यंत्रों ने सही मान निकालने मे योग दिया; खोजों द्वारा महाद्वीपों तथा देशों के अज्ञात आन्तरिक भागों का ब्योरेवार विवरण प्रकाश मे आया तथा सामुद्रिक शक्ति के विकास तथा साम्राज्य निर्माण की अनुचित लालसा ने सही मानचित्रों की आवश्यकता को जाग्रत किया । फलस्वरूप अनेक भौगोलिक अशुद्धियाँ जो अनजाने आ गयी थीं तथा शताब्दियों वैसी ही चलती रही थी, परिशोधित होने लगी तथा अनेक उच्चोभिलाषी राष्ट्रीय योजनायें चलाई गयी हैं ।

फ्रांस ने हालैंड से बाजी ली और अभूतपूर्व सफलता के साथ वैज्ञानिक मानचित्र रचना का पथप्रदर्शन किया, क्योंकि समय उसके साथ था । फ्रांसीसी अकादमी ने पहिले से ही देशान्तरों के नापने की मौलिक समस्याओं को हाथ में लिया था जिसने १६८२ में इतिहास प्रसिद्ध विश्व-मानचित्र को जन्म दिया था । १८वी शताब्दी के प्रारम्भ मे 'गीलोम द लिजिल' (Guillaume De L. Isle) ने विश्व के एक मानचित्र, चारों महाद्वीपों के मानचित्र तथा दो ग्लोबों, एक स्थलीय (Terrestrial) तथा आकाशीय (Celestial) का निर्माण किया । इसके पश्चात् जी० एल० ल रूज (G. L. Le Rouge) ने १७४१ से १७७९ तक मानचित्रों के एटलसों की एक माला (Series) ही प्रस्तुत की । सीजर फ्रांसी द कौसनी (Caesar Francois de Cassini) ने १७४४ मे त्रिभुजीकरण प्रारम्भ किया और अपने ४० वर्षों के अथक तथा निर्भीक प्रयत्नों के परिणाम-स्वरूप उसने १८२ पत्रों मे 'कार्टे ज्योमेट्रिक द ला फ्रांस' (Carte Geometrique de La France) का निर्माण किया । किन्तु १८वीं शताब्दी के अन्त में फ्रांस अपनी यह महत्ता खो बैठा और इंगलैंड के हाथों बाजी चली गई ।

१८वीं शताब्दी में इंगलिश मानचिल-रचना

१८वी शताब्दी का पूर्वार्द्ध, जिसमें फ्रांसीसी मानचित्र रचना उत्कर्ष के चरम विन्दु पर पहुँची हुई थी, इगलैंड के विशेष अनुकूल नहीं रहा । किन्तु इसका उत्तरार्द्ध इगलैंड के लिए स्वर्णयुग सिद्ध हुआ । वाहर के अनेक प्रसिद्ध मानचित्रकार इंगलैंड मे आकर जमने लगे और लन्दन मानचित्र बनाने का एक विशाल कारखाना हो गया—अमेरिका का प्रथम महत्वपूर्ण मानचित्र भी सर्वप्रथम लन्दन मे ही प्रकाशित हुआ । इंगलैंड ने जान रोक (John Rocque) मे एक महान मानचित्रकार की प्रतिभा का दर्शन दिया जिसने १७४६ मे २४ पत्रों मे एक विशाल पैमाने पर आधारित लन्दन का मानचित्र प्रस्तुत किया तथा उसी वर्ष 'इनवाइरंस आव लन्दन' (Environs of London) १६ पत्रों में प्रकाशित किया जिसके १७४८ तथा १७५१ मे दो पुनर्मुद्रण हुए । इसके अतिरिक्त उसने बड़े पैमाने पर आधारित देश और नगर के अनेक मानचित्रों तथा 'A set of Plans and Forts in America' का निर्माण किया । जेम्स रेनेल (James Rennel), एक अन्य प्रसिद्ध मानचित्रकार ने भारत का प्रथम प्रमाणिक मानचित्र (Map of Hindostan) १७८३ मे बनाया । टामस जेफरी (Thomas Jeffery) प्रकाशकों ने नये विश्व के अनेक मानचित्रों का प्रकाशन किया । सन् १७९१ में 'आर्डीनेन्स सर्वे आव ग्रेट ब्रिटेन' (Ordinance Survey of Great Britain) की स्थापना हुई और उसने १८०१ मे एक-इंचीय भूतलपत्रों का प्रकाशन किया । सन् १८१५ में विलियम स्मिथ ने अपना प्रमुख मानचित्र "इंगलैंड, वेल्स तथा स्काटलैंड के भाग का भूगर्भिक मानचित्र" प्रस्तुत किया । यह मानचित्र १५ बड़े बड़े पत्रों पर १" = ८ मील के मापक पर था । प्राचीनतम 'कैरी एटलस' (Cary Atlas), 'द न्यू ऐंड करेक्ट इंगलिश एटलस' (The New and Correct English Atlas) का निर्माण-काल १७८७ है जिसके १८३१ तक ८ पुनर्मुद्रण हुए और इसके पश्चात् के एटलस अर्थात् 'न्यू यूनीवर्सल एटलस' (New Universal Atlas—१८०८), तथा न्यू इंगलिश एटलस' (New English Atlas, १८०३-१८३४) भी दृष्टव्य हैं । किन्तु कैरी की प्रसिद्धि वास्तव मे उसके इंगलैंड, वेल्स तथा स्काटलैंड के प्रान्त के सामान्य मानचित्रों के कारण हुई जो १" = ५ माल के मापक पर आधारित है । कैरी के पश्चात् १९वीं शताब्दी के प्रमुख मानचित्रकारों में बार्थोलोम्यू (Bartholomew), ऐरो स्मिथ (Arrow Smiths) और जानस्टन (Johnstons) के नाम प्रमुख हैं ।

१९वीं शताब्दी में जर्मनी ने हम्बोल्ट (Humboldt), रैटजेल (Ratzel), रित्तर (Ritter), रिच्तोफेन (Richtophen), तथा पेन्क (Penck) जैसे प्रमुख भूगोलवेत्ताओं का प्रतिनिधित्व पाकर इस क्षेत्र में विजय प्राप्त की और प्रथम श्रेणी का मानचित्र बनाने वाला देश हो गया। ब्रिटेन तथा फ्रांस उसके अनुगामी रह गये। इस शताब्दी के तीन जर्मन मानचित्रकार बर्घास (Berghaus), किपर्ट (Kiepert) तथा पीटरमैन (Peter mann) हैं। जस्टस पर्थीज (Justus Perthes) के प्रसिद्ध होने का श्रेय गाथा के (Gotha १७८५) विशाल मानचित्र-प्रकाशन-गृह को है जिसने अनेक प्रसिद्ध एटलसों एव मानचित्रों का प्रकाशन किया। उनमे से स्टीलर का हैंड एटलस (Stieler's Hand Atlas), स्प्रूनर का ऐतिहासिक एटलस (Sprunner's Historical Atlas), तथा बर्घास का फिजीकल एटलस प्रमुख है तथा पुनः पुनः संशोधित होकर आधुनिकतम बनाये गये है। उभार (Relief) को चित्रित करने के लिये जर्मनी वालों ने वैज्ञानिक शिल्पविधि का प्रयोग किया और १९वीं शताब्दी के अन्त तक उन लोगों ने वृहद मापक पर आल्प्स के ५ उभार-नमूने प्रस्तुत किये। 'वीदाल द ला ब्लाश' (Vidal de La Blache) तथा 'वीवेंद सेंत मार्तिन' (Viviende St. Martin) के समसामयिक फ्रांसीसी एटलस, जर्मनों द्वारा निर्मित एटलसों से बहुत साम्य रखते हैं।

१९वीं शताब्दी का अन्तिम चरण एटलस रचना के क्षेत्र मे अत्यन्त उत्कर्ष का काल था। इस काल में फ्रांस फिन्लैंड, स्वेडन, स्काटलैंड और जेकोस्लावेकिया के राष्ट्रीय एटलस प्रकाश में आये। 'यू० एस० कोस्ट तथा जिओडेटिक सर्वे (१८७८) भी इस प्रकार की महान् सफलता के लिए प्रसिद्ध है। 'फिजिओग्रैफिक मानचित्र' एक विशिष्ट अमेरिकन देन है जिसका सूत्रपात डबल्यू० एम० डेविस द्वारा हुआ था और जो ए० एल० लोबेक, इरविन रेज तथा उनके सहयोगियों द्वारा विकसित हुआ।

(य) बीसवीं शताब्दी में मानचित्र

२०वीं शताब्दी में मानचित्र रचना में एक महान् क्रान्तिकारी परिवर्तन हुआ। दो महान् विश्व-युद्धों ने मानचित्र रचना को एक नये उत्साह से भर दिया। जलीय, थलीय तथा आकाशीय सैनिक दलों ने अधिक तथा अच्छे मानचित्रों की माँग पेश की। परिणाम स्वरूप मानचित्रों का निर्माण एक आश्चर्यजनक सीमा तक हो गया। आप विश्वास करें या न करें लेकिन यह सत्य बात है कि द्वितीय महायुद्ध के केवल दो प्रधान घटना-स्थलों-उत्तरी अफ्रीका तथा नारमंडी के किनारों—के लिए ८ करोड़ मानचित्रों का जिनकी तौल ३९९० टन थी प्रयोग किया गया। युद्ध के मानचित्रों को यदि हम छोड़ भी दें और पिछले पचास वर्षो में बने अन्य मानचित्रों की गणना करें तो उनकी संख्या इस अवधि के पूर्व में बने कुल मानचित्रों की संख्या से अधिक होगी।

मानचित्रों के प्रतिलिपिकरण के क्षेत्र में हम अनेक वैज्ञानिक प्रगतियों के ऋणी है। १९वीं शताब्दी के अन्त मे फोटोलिथोग्रैफी के अविष्कार ने इस प्रक्रिया को आसान तथा कम खर्च बना दिया। आधुनिक खोजों ने तो फोटोलिथोग्रैफी तथा इंग्रेविंग के लिये नया मार्ग ही खोल दिया। मानचित्र-रचना की एक अन्य विशेष शाखा 'फोटोग्रैमेट्री' (Aerial photographs से मानचित्र बनाना) ने पिछले वर्षो में काफी तेजी से उन्नति की है और गत अन्तर्राष्ट्रीय भू-भौतिक वर्ष (International Geophysical Year) मे उसने बहुत योगदान दिया है। इसने मानचित्रकारों को पृथ्वी के अगम्य तथा अन्वेषित भू-भागों का भी मानचित्र बनाने में समर्थ बना दिया।

मानचित्रों का वर्तमान युग संख्या तथा गुण दोनों दृष्टियों से अत्यधिक महत्व रखता है और केवल राष्ट्रीय धरातल पर ही नहीं बल्कि अन्तर्राष्ट्रीय धरातल पर भी अपेक्षाकृत अधिक कार्यों के लिये उत्साहित करता है। सभी उन्नतिशील राष्ट्र महत्वाकांक्षाओं को लेकर मानचित्र की योजनाओं में संलग्न है तथा भूमि उपयोग, बस्तियों, जनसंख्या, तथा अन्य आर्थिक तथा सामाजिक विवरणों के आधार पर मानचित्र योजनाओं को कार्यान्वित कर रहे हैं। सन् १९३७ का 'ग्रैंड सोवियट एटलस' इसका विश्वसनीय प्रमाण है और संयुक्त राज्य अमेरिका तथा ग्रेट ब्रिटेन के प्रयत्नों की भी यही कहानी है। १/१,०००,००० सम्मापक पर अन्तर्राष्ट्रीय मानचित्र का श्रेय भी इसी शताब्दी को है जिसका निश्चय १९१३ मे पेरिस में अन्तर्राष्ट्रीय भौगोलिक परिषद् ने किया था। दुर्भाग्यवश अन्तर्राष्ट्रीय संघर्षों, विशेषकर पिछले दो युद्धों तथा वर्तमान शीत-युद्धों के कारण इसने कोई विशेष प्रगति नहीं की।

मानचित्रों में भारत

यूनानियों का कथन है कि हमारे पूर्वजों को अपने देश के वास्तविक आकार और विस्तार का सही सही ज्ञान था। हेरोडोटस तथा दूसरों के साक्ष्य पर इरैस्टोथेनीज (२०० ई० पू०) ने भारत का मानचित्र विषमकोण विषम चतुर्भुज के आकार का बनाया था जिसमें पश्चिम में सिंधु नदी, उत्तर में पर्वत तथा पूर्व और दक्षिण में समुद्र दिखाये गये थे। किन्तु महाभारत के अनुसार देश का आकार एक समत्रिबाहु त्रिभुज △ के समान था जो बराबर बराबर

चार छोटे त्रिभुजों में विभाजित था तथा जिसका आधार हिमालय रेखा की ओर तथा शीर्ष-विन्दु कन्या कुमारी अन्तरीप की ओर था। पराशर तथा वराह मिहिर गणित-ज्योतिषियों के अनुसार भारतवर्ष का आकार 'कमल के फूल' के सदृश था जिसका बीच भाग 'मध्य देश' तथा आठों पंखुड़ियाँ उसके अन्य भागों के सदृश थीं।

इसके विरुद्ध, टालमी (१५० ई० पू०) ने भारत के आकार को विकृत कर दिया और दक्षिणी प्रायद्वीप को अनुपात के परे अत्यन्त छोटा तथा दक्षिणी किनारे को सिन्धु और गंगा के डेल्टा को मिलाने वाली लगभग एक सीधी रेखा के रूप में दिखाया। दुर्भाग्यवश टालमी का मानचित्र तब तक चलता रहा जब तक कि रीच (Reich) ने अपने १५०८ के विश्व मानचित्र में भारत के आकार को संशोधित किया। बर्टेली (Bertelli) ने १५६५ में वेनिस में भारत साम्राज्य का एक मानचित्र बनाया। सर टामस रो की सूचना के आधार पर ग्लोब निर्माता टी० स्टर्न ने १६१९ में मुगल-साम्राज्य का मानचित्र प्रस्तुत किया। जब हालैंड, फ्रान्स, इंगलैण्ड तथा जर्मनी का भारत के प्रति कौतूहल जागा तो १७वीं शताब्दी में भारत के अनेक मानचित्र प्रकाश में आए, जिसमें हालैण्ड के होंडियस, जैसन, तथा ब्ल्यू द्वारा निर्मित मानचित्र, फ्रान्स के सैंसन, जैलॉट, एनविले द्वारा निर्मित मानचित्र, जर्मनी के सियुटर तथा हामन द्वारा निर्मित मानचित्र तथा इंगलैंड के माल, वावेन तथा अन्य विद्वानों द्वारा निर्मित भारत के मानचित्र अधिक महत्वपूर्ण हैं। एनविले द्वारा निर्मित भारत का मानचित्र सर्वाधिक महत्वपूर्ण है क्योंकि यह भारतवर्ष का सर्वप्रथम प्रामाणिक १७५२ में मानचित्र माना जाता हैं। यह यात्रियों के मार्गों तथा समुद्री किनारों के चार्टों के आधार पर संकलित किया गया था।

भारत के सर्वेक्षण की स्थापना सन् १७६९ में हुई थी जबकि लार्डक्लाइव ने मेजर जनरल रेनेल को बंगाल का सर्वेयर जनरल नियुक्त किया। उसने सम्पूर्ण उपलब्ध साधनों का प्रयोग कर बड़ी सफलता के साथ १७८३ में भारत का एक मानचित्र प्रस्तुत किया जिसका मापक १ इंच=१ अंश था। १७८८ तथा १७९३ में इसके क्रमशः दूसरे तथा तीसरे संस्करण हुए। यद्यपि ठेठ त्रिभुजीकरण प्रणाली पर आधारित २०वीं शताब्दी के मध्य में बने भारत के मानचित्रों की तुलना में इसका विशेष महत्व नहीं हैं फिर भी अति आधुनिक सफलता के आधारभूत रूप में इसके महत्व को भुलाया नहीं जा सकता। रेनेल ने एनविले द्वारा निर्मित भारत के मानचित्र में दो महान गलतियों का संशोधन किया—प्रथम मगध राज्य की प्राचीन राजधानी पालिबोथ्रा (Palibothra) की स्थिति का तथा दूसरा साँपू के मार्ग का। एनविले ने पालिबोथ्रा को इलाहाबाद के समीप गंगा और जमुना के संगम पर दिखाया था किन्तु रेनेल ने एक सही सूत्र की ओर संकेत किया जिसके आधार पर मिस्टर वाडेल ने पटना के समीप ही पालिपुत्रा (पालिबोथ्रा) की स्थिति निश्चित की। एनविले के विचार से साँपू इरावदी की एक सहायक नदी थी, लेकिन रेनेल ने अपने भौगोलिक ज्ञान के आधार पर यह कहा कि साँपू हिमालय से निकलती है और दिहाँग के रूप में ब्रह्मपुत्र से मिलती है।

रेनेल ने भारत के इस मानचित्र-रचना के अतिरिक्त तीन अन्य महत्वपूर्ण कार्य किए—

(१) बंगाल, विहार, अवध, इलाहाबाद तथा आगरा के भाग तथा दिल्ली का मानचित्र १७७६ में बनाया जिसका १७८६, १७९४ तथा १८२४ में पुनः प्रकाशन हुआ।

(२) बंगाल, विहार आदि प्रदेशों की वास्तविक पैमाइश की।

(३) दिल्ली, आगरा, अवध और इलाहाबाद के प्रान्तों का मानचित्र प्रस्तुत किया।

इन छोटे-छोटे प्रारम्भों से 'दि सर्वे आफ इंडिया' एक प्रमुख संस्था हो गई और उसने स्थानीय भौगोलिक पैमाइशों, अन्वेषणों तथा दक्षिणी एशिया के अधिकांश भागों के भौगोलिक मानचित्रों के निर्माण कार्य में अत्यधिक योग दिया। भारत सरकार द्वारा नियुक्त सर्वे कमेटी की सिफारिश पर १९०५ से इस विभाग ने आधुनिक रंगीन स्थानीय मानचित्रों के निर्माण पर अपनी शक्ति केन्द्रित की जिनका मापक १″: १ मील था। अनेक कठिनाइयों का सामना करते हुए 'दि सर्वे आफ इंडिया' ने आश्चर्यजनक सफलता प्राप्त की और भारतके अधिकांश भागों का सही-सही मानचित्र प्रस्तुत किया। स्थानीय मानचित्रों के निर्माण कार्य में अन्तर्राष्ट्रीय, प्रान्तीय तथा जिले की पैमाइश तथा रेकार्डस अत्यन्त प्रमुख रहे हैं। पिछले कुछ वर्षों में प्रमुख नगरों तथा सैनिक अड्डों के अनेक निर्देशकमानचित्र प्रकाशित हुए हैं। सेना के लिए सम्पूर्ण पैमाइश के कार्य का श्रेय भी इसी विभाग को है और बढ़ती हुई जटिल सैनिक आवश्यकताओं विशेष रूप से हवाई पैमाइश, की पूर्ति करने में भी यह विभाग सहयोग दे रहा है। भारत सरकार के प्राकृतिक संसाधन तथा वैज्ञानिक शोध मन्त्रालय के क्रियात्मक सहयोग से भारत के राष्ट्रीय एटलस के निर्माण के लिए एक योजना बनाई गई है जो कलकत्ता विश्वविद्यालय के प्रो० एस० पी० चटर्जी के निरीक्षण में कार्यान्वित भी हो गई है। आशा है कि भावी पीढ़ियों के लिए समकालीन भारतीय भूगोल वेत्ताओं की यह एक उच्च कोटि की देन होगी।

मानचित्रों के प्रकार

मानचित्रों की अत्यधिक संख्या होने के कारण उनका सही-सही वर्गीकरण करना बहुत ही कठिन है। मापकों के आधार पर उनके दो विभाग किए जा सकते हैं—एक लघु मापक मानचित्र तथा दूसरा वृहद मापक मानचित्र। लघु मापक मानचित्र बड़े क्षेत्रफल को एक सीमित धरातल पर प्रस्तुत करता है जिसमे प्रदर्शित रूपरेखा छोटी हो जाती है। इसके अतिरिक्त उस विशेष क्षेत्रफल के कुछ चुने हुए विवरणों को ही उसमे दिखाया जाता है। वृहद मापक मानचित्र अपेक्षाकृत अधिक विवरणों को अधिक शुद्धता मे प्रस्तुत करता है क्योंकि उसका विस्तार बड़ा होता है। फिन[1] के अनुसार दूसरे सम्भव वर्गीकरण के आधार पर दो विभाग हो सकते हैं—जिन्हें मेज मानचित्र तथा दीवाल मानचित्र कह सकते हैं। क्योंकि मेज मानचित्र में छोटे-छोटे विवरण प्रस्तुत रहते है अत: उन्हें निकट से देखना आवश्यक है और दीवाल मानचित्र मे बड़े आकार कम विवरणों मे प्रस्तुत रहते है अतः उन्हे दूर से भी देखा जा सकता है। मानचित्रों के विभिन्न लक्ष्यों और अभिप्रायों को ध्यान मे रखकर हम उन्हे निम्न वर्गों में बांट सकते हैं :—

(अ) **प्राकृतिक मानचित्र** (Physical Maps)—ये मानचित्र है जो भूमि के उभरे आकारों को छायाकारो या खडी रेखाओं या समोच्च रेखाओं के बीच विभिन्न छायाओं अथवा हल्के रंगों (हरा, पीला तथा भूरा) द्वारा चित्रित करते है तथा उसके जल प्रवाह को भी प्रदर्शित करते है। ये स्थानों के नाम तथा सीमाओं आदि के समकक्ष अन्य प्रासंगिक सूचनाओं के लिए भी आधार रूप मे प्राय: प्रयोग किए जाते है।

(ब) **राजनैतिक मानचित्र** (Political Maps)—इसका मुख्य उद्देश्य या तो स्पष्ट सीमा रेखाओं अथवा हल्के रंग तथा सीमाओं द्वारा विश्व या महाद्वीप या देश का दृष्टव्य चित्र प्रस्तुत करना है। अन्य दो प्रधान रूप रेखायें—प्राकृतिक तथा सांस्कृतिक—उसके परिपार्श्व मे दिखाई जाती है। एक अच्छा राजनैतिक मानचित्र स्पष्ट और प्रभावोत्पादक होता है।

(स) **सांख्यिक अथवा वितरक मानचित्र** (Statistcal Maps or Distribution Maps)—यह मानचित्रों का एक ऐसा प्रकार है जो सांख्यिक आंकडों से सम्बन्धित होता है। ये मानचित्र प्राकृतिक तत्वों के परिमाण सम्बन्धी गुणों जैसे उभार (Relief), वर्षा, तापक्रम, वायु-दवाव आदि को प्रदर्शित करते है। ये पृथ्वी के सामाजिक तथा आर्थिक ढांचों—कृषि, उद्योग, व्यापार और परिवहन, जनसंख्या और बस्तियों आदि—के प्रदर्शन के लिए भी प्रयोग में लाए जाते है।

(द) **विशिष्ट मानचित्र** (Special Maps)—यह नाम उन विशेष मानचित्रों के लिए प्रयुक्त किया जा सकता है जो विशिष्ट कार्य के लिए वैज्ञानिकों द्वारा प्रयोग में लाए जाते हैं। ये निम्नलिखित है:—

(१) भूपत्रक (Topographical Maps)—इस प्रकार के मानचित्रों के प्रयोग और व्याख्या के लिए विशेष प्रकार के प्रशिक्षण की आवश्यकता होती है। ये मानचित्र भूगोल वेत्ताओं और सैनिक विशेषज्ञों द्वारा प्रयोग किए जाते हैं।

(२) भू-गर्भिक मानचित्र (Geological Maps)—ये मानचित्र बिल्कुल भू-पत्रों के समान होते हैं जो क्षेत्र की भू-गर्भिक संरचना को छायारंगों द्वारा उनकी निजी स्थितियों को सूचित करते हैं। अधिकांश भू-गर्भिक मानचित्रों में columnar section तथा बड़ी रेखाये दिखाई जाती हैं। ये प्राय: मुड़े हुए पन्नों के रूप में (Folio-Forms) मे प्रकाशित होते हैं जिन्हे Geological Folios कहते है।

(३) भू-आकृति मानचित्र (Physiographic Maps)—ये छोटे मापक पर हाथ से खींचे गए मानचित्र हैं जो भू-आकृतियों को प्रदर्शित करते हैं। ये Block diagrams के विकसित रूप कहे जा सकते है। इन ब्लाक चित्रों का निर्माण अमेरिका के प्राकृतिक भूगोल-वेत्ताओं ने अपने प्राकृतिक भूगोल सम्बन्धी सिद्धान्तों की व्याख्या के लिए किया था। इनका मुख्य उद्देश्य साधारण व्यक्तियों को भू-गर्भिक ज्ञान से परिचित कराना था। एक भू-आकृति अपने क्षेत्रीय वातावरण मे कैसी दीखती है, भू-आकृति मानचित्र उसी का प्रतिरूप मात्र होता है। रेज (Raisz) ने इनको 'मार्फोलाजिक' अथवा 'लैंडफार्म मैप' नाम दिया है जब कि लोवेक ने 'फिजिओग्रैफिक डायाग्राम' नाम से सम्बोधित किया है। यू० एस० ज्यालाजिकल सर्वे ने इनको 'टीरेन डायाग्राम' (Terrain Diagrams) नाम से विभूषित किया

---

1. Finch, V. C., "A Great Apprection of Maps", Outside Readings in Geography, July 1955, p. 36.

(४) नगर-मानचित्र (Town Plans)—नगर-मानचित्र एक विशिष्ट प्रकार के मानचित्र है। ये वृहद मापक मानचित्र हैं जिनका मापक ३″=१ मील या ६″=१ मील होता है। नगर मानचित्रों मे मुख्य नगरों की भू-आकृतियों को अलग-अलग दिखाया जाता है। नगर मानचित्रकारों के लिये ये बड़े उपयोग के होते हैं और उनके उत्कृष्ट मानचित्रों के लिये आधारभूत होते हैं।

(५) भूकर मानचित्र (Cadastral Maps)—इस प्रकार के मानचित्र भू-सम्पत्ति, खेतों, बागों तथा मकानों आदि की सीमाओं के निर्धारण के लिए प्रयोग किये जाते हैं। ये मानचित्र सरकारी कार्यालयों द्वारा तैयार किये जाते हैं और लगान सम्बन्धी कार्यों के लिये प्रयोग किये जाते हैं। लेखपालों द्वारा प्रयुक्त मानचित्रों को इसी श्रेणी में रख सकते हैं। नगर मानचित्रों की तरह इनके भी मापक बड़े होते हैं, कभी कभी तो १″=१६ मील या ३२ मील तक।

(६) ऋतु मानचित्र (Weather Maps)—ये मानचित्र वायु-विज्ञान सम्बन्धी कार्यालयों द्वारा निर्मित होते हैं। ये ऋतु तत्वों अर्थात् वायुदबाव, तूफान, तापक्रम, मेघाच्छादन, वर्षा आदि की स्थिति को समय विशेष पर सूचित करते है। बेतार के तार तथा टेलीग्रैफी के हो जाने से इस प्रकार के मानचित्रों का निर्माण सम्भव हो गया है क्योंकि इनके द्वारा किसी दूर के स्टेशनों से मुख्य केन्द्र पर समाचार शीघ्र ही भेजा जा सकता है।

(७) सामुद्रिक चार्टस (Navigational Charts)—ये चार्टस् योग्य सरकारी एजेन्सियों द्वारा प्रकाशित किये जाते है। ये तट तथा तटीय जलाशयों पर ही विशेष बल देते हैं, अत: ये उन विशेषताओं को प्रदर्शित करते है जो सागर से दृष्टिगोचर होती है। इनमे समुद्र किनारे की ऊँची चट्टानें, मीनारें, गिर्जाघर, पवन चक्की, ऊँची मिलें आदि जो कि समुद्र से देखी जा सकती है, प्रदर्शित होती हैं। ये समुद्र की गहराई, समुद्रतल का उभार तथा ज्वार-भाटा एव धाराओं को भी प्रदर्शित करते हैं। अन्य चार्टस् जो नाविकों के उपयोग में आते हैं विभिन्न समुद्रों के नियत कालिक चार्टस्, ग्रेट सर्किल सेलिंग चार्टस् तथा इसी तरह के अन्य चार्टस्।

(८) वैमानिक चार्टस् (Aeronautical Charts)—इस वायु युग ने वैमानिक चार्टो के महत्व तथा उनकी प्रसिद्धि को बढाने मे अत्यधिक योग दिया है। चार्ट विमान चालकों के लिये बहुत उपयोगी होते है। ये भूमि के स्थानीय भौगोलिक आकारों को बहुरंगी समोच्च रेखाओं (Multicolour lines) मे प्रस्तुत करते है। रेखाये भूरे रंग मे, मुख्य उभार परम्परागत रंगयोजना मे (सर्वोच्च भाग काले भूरे रंग में तथा सबसे नीचा भाग हरे रंग में), जलीय धरातल नीले रंग मे, गहरे गहरे पीले रंग में, सड़के बैंजनी रंग में, तथा अन्य सांस्कृतिक आकार काले रंग मे दिखाये जाते हैं। वायुयान चालन सम्बन्धी अन्य सहायताओं जैसे निर्धारित हवाई मार्ग, हवाई अड्डे, हवाई खण्ड, संकेत-दीप रेडियो यंत्र आदि गहरे रंगों में प्रदर्शित किये जाते है।

मानचित्रों के प्रयोग

इस बात को अस्वीकार नहीं किया जा सकता है कि एक भूगोल वेत्ता के लिये मानचित्र सर्वाधिक प्रयोग की वस्तु है। वह मानचित्रों का व्यवसायिक प्रयोग करने वाला है। लेकिन मानचित्र केवल उन्हीं के उपयोग में नहीं आता है। अन्य वैज्ञानिकों के लिये भी जिनका अध्ययन भूगोल के सहयोग की अपेक्षा रखता है, मानचित्र अत्याधिक उपयोगी होते हैं। शोध-कार्यों, शिक्षा तथा उनकी सफलताओं के प्रचार में मानचित्रों का बहुत हाथ रहता है। अतः विशिष्ट मानचित्रों के प्रकार मे वृद्धि होती रहती है। मानचित्र शासकों तथा यात्रियों के लिए सहयोगी एवं निर्देशक का कार्य करता है। शासक मानचित्रों का प्रयोग अपने शासन व्यवस्था को ठीक रखने के लिए करता है जब कि यात्री अपने मार्गों का पता लगाने के लिये। प्रान्तों, जिलों तथा व्यक्तिगत राज्यों की सीमाओं का ठीक ठीक निर्धारण बिना मानचित्रों के नहीं हो सकता। इस प्रकार ये न्याय प्रबन्ध मे, सीमा आयोगों तथा न्यायालयों की सहायता करते है। यातायात तथा आवागमन के कार्यों मे मानचित्रों का प्रयोग जनता तथा सरकार दोनों द्वारा होता है। पिछड़े देशों के लिए तो मानचित्रों का महत्व और भी अधिक है, क्योंकि बिना मानचित्रों की सहायता से कृषि योग्य तथा बसने योग्य भूमि का निश्चय ही नहीं हो सकता। जब नयी सड़के, रेलवे लाइनें, नहरे आदि बनाई जाती है तो उनकी पैमाइश के लिए विशेष प्रकार के मानचित्र तैयार किये जाते है। वर्तमान काल में मानचित्रों का विशेष महत्व हो गया है क्योंकि यह योजनाओं का युग है, राष्ट्रीय और क्षेत्रीय योजना, नगर और देश योजना हमारे प्रयोगात्मक लक्ष्य हो गये है। वास्तव में 'मानचित्र ही हमारी योजनाएँ हैं'।

सैनिक कार्यों के लिए मानचित्रों का और भी अधिक महत्त्व है, क्योंकि इस वायु-युग में भी जो युद्ध होते हैं, उनकी जीत या हार बहुत अंश तक मानचित्रों पर ही निर्भर होती है। यही कारण है कि युद्ध के लिए मानचित्रों के महत्व को बहुत पहिले से ही महसूस किया गया और सेना द्वारा अनेक पैमानों को स्वीकृत किया गया।

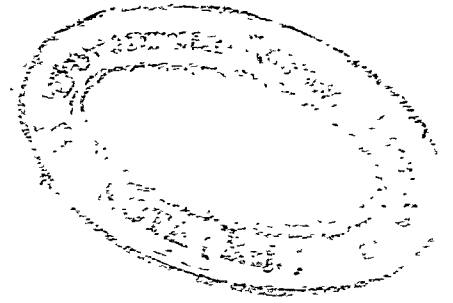
निम्न कार्यों के लिए मानचित्र आवश्यक हैं—

(१) युद्ध-कला सम्बन्धी योजनाओं के लिए।

(२) सैन्य-व्यूह-सम्बन्धी सूचनाओं के हेतु भूखण्डों की सूचना देने के लिए ताकि सुरक्षा और आक्रमण के लिए उचित स्थान चुना जा सके।

(३) बस्तियों, जंगलों, पुलों, जलपूर्ति आदि के सम्बन्ध में सूचना प्राप्त करने के लिए।

(४) वार्तावहन के साधनों की सूचना के लिए।

(५) शत्रु के स्थान की सूचना देने के लिए।

अध्याय २

मापक

परिभाषा—मानचित्र पर किन्हीं दो विन्दुओं के बीच की प्रदर्शित दूरी और पृथ्वी के धरातल पर उन्हीं दो विन्दुओं के बीच की वास्तविक दूरी के अनुपात को मापक कहते हैं। अतः मापक दो दूरियों का अनुपात है[1]। मापक की सहायता से हम एक विशाल धरातल को भी सुविधाजनक छोटे धरातल पर प्रस्तुत कर सकते हैं। इसके अतिरिक्त मानचित्र ऐसा होना चाहिए कि उसे हाथ में लिया जा सके और आसानी से उसका अध्ययन किया जा सके। मानचित्र का आकार मानचित्र में प्रयुक्त मापक पर निर्भर करता है। मापक की सहायता से हम उपलब्ध सीमित स्थान में भी मानचित्र को आवश्यकताओं के अनुकूल बना सकते हैं।

मापक के प्रदर्शन की विधियाँ

मापक के प्रदर्शित करने की तीन विधियाँ हैं :—

(१) कथनात्मक (By Simple Statement)—इसमें मापक का परिमाण साधारण शब्दों में बता दिया जाता है, जैसे १ इंच=१० मील अथवा १ इंच १० मील की दूरी को प्रदर्शित करता है। मापक को प्रदर्शित करने की यह सबसे सरल विधि है क्योंकि इसका अर्थ बिल्कुल सीधा है। लेकिन इसको समझने के लिए देश में प्रचलित माप-प्रणाली से परिचित होना आवश्यक है अन्यथा मापक बिल्कुल समझ में नहीं आएगा। यदि कोई रूस के माप-प्रणाली से तथा उसके समकक्ष इंगलिश तुल्य माप से परिचित नहीं है तो वह उस मानचित्र को बना ही नहीं सकता जिसका मापक '1 Sarenyam = 1000 Versts है। इसके अतिरिक्त विदेशी माप-प्रणाली को अन्य मापों में बदलने के लिए बहुत गुणा-भाग करना पड़ता है और इस प्रकार उसकी सरलता का गुण नष्ट हो जाता है। फिर, यदि मूल मानचित्र को छोटा या बड़ा किया जाएगा तो मापक के सम्बन्ध में किया हुआ वक्तव्य असंगत हो जाएगा।

(२) रचनात्मक या रैखिक मापक या सम्मापक द्वारा (By Constructive or Graphical or Plain Scale)—इस विधि में दूरी एक रेखा के सहारे प्रदर्शित की जाती है। इस मापक से सुविधा यह है कि मानचित्र के दो विन्दुओं की दूरी से उसके सदृश ही पृथ्वी पर दो विन्दुओं की दूरी को सीधे रूप में नापा जा सकता है। इसके अतिरिक्त यदि मूल चित्र छोटा या बड़ा किया जाता है तो रैखिक मापक भी उसी अनुपात में छोटा या बड़ा हो जाता है। अतः सम्पूर्ण मानचित्रों के लिए रैखिक या रचनात्मक मापक सुविधाजनक है।

(३) प्रदर्शक-भिन्न अथवा प्रतिनिधि-भिन्न द्वारा (By Representative Fraction) जैसे—$\frac{१}{१००,०००}$ या १ : १००,०००। प्रदर्शक भिन्न का अर्थ यह है कि मानचित्र की १ इकाई (लम्बाई में, जैसा कि अंश में दिखाया गया है) क्षेत्र की उसी तरह की कई इकाइयों (जैसा कि हर में दिया गया है) को प्रदर्शित करती है। ऊपर दिए हुए उदाहरण के मापक में १ इकाई १००,००० इकाईयों को प्रदर्शित करती है। अतः मानचित्र का १ इंच पृथ्वी के १००,००० इंच को, अथवा, १ सेन्टीमीटर पृथ्वी के १००,००० सेन्टीमीटर को दिखाता है। एक प्रदर्शक भिन्न विश्व के किसी भी देश द्वारा समान रूप से प्रयुक्त होने का गुण रखती है। भिन्न-भिन्न देशों में जहाँ की माप की भिन्न-भिन्न इकाइयाँ प्रचलित हैं वहाँ भी प्रदर्शक भिन्न वाला मापक बड़ी सुविधा से प्रयोग में आ सकता है। अन्य प्रकार के मापकों वाले मानचित्र केवल उन्हीं देशों में सुविधापूर्वक प्रयोग किए जाते हैं जहाँ लम्बाई की विशिष्ट इकाई प्रयोग की जाती है। एक मानचित्र जिसका मापक मीलों में है फ्रान्स में प्रयोग नहीं हो सकता, क्योंकि फ्राँस के लम्बाई नापने की इकाई 'मीटर' है। अतः अधिकाँश मानचित्र प्रदर्शक भिन्न वाले मापक में ही दिखाए जाते हैं किन्तु उसके साथ ही उस देश में प्रयोग में आने वाले अन्य मापों की इकाई में भी रचनात्मक मापक दे दिया जाता है। कई मानचित्रों पर मापक प्रायः तीनों प्रकार से दिखाया हुआ रहता है जो सहायक रूप में प्रयुक्त होते हैं।

---

१. मापक मानचित्र और प्रदर्शित क्षेत्रफल का अनुपात नहीं है, मापक केवल दो दूरियों के अनुपात को प्रदर्शित करता है जो कि क्षेत्रफल के अनुपात से भिन्न है।

मापक की समस्याएँ

यदि मापक किसी एक रूप में ज्ञात हो तो बिना किसी कठिनाई के वह अन्य दो रूपों में भी प्रकट किया जा सकता है। मानचित्र पर लम्बाई के नापने की सरल विधि रचनात्मक अथवा रैखिक मापक द्वारा है। अतः मापक सम्बन्धी अधिकांश समस्याएँ रचनात्मक मापक के परिवर्तन की ओर संकेत करती हैं जबकि मापक के अन्य दो रूपों में से एक में मापक दिया हो। मानचित्र को अधिक उपयोगी बनाने के लिए प्रदर्शक-भिन्न की भी आवश्यकता पड़ सकती है। अतः शब्दों में दिए मापक को प्रदर्शक-भिन्न में बदलने की भी कुछ छोटी समस्याएँ हैं। साधारण रूप में मापकों के सम्बन्ध में दो प्रकार की समस्याएँ हैं :—

(१) शब्दों में दिए मापक को प्रदर्शक-भिन्न में बदलना तथा इसका विलोम।

(२) शब्दों एवं प्रदर्शक-भिन्न में दिए हुए मापक से रचनात्मक मापक खींचना।

पहिले प्रकार की समस्या में दोनों लम्बाइयों को एक ही लम्बाई की इकाई में बदलते हैं और भिन्न रूप में परिणत कर अंश को १ बनाते हैं।

उदाहरण

प्रश्न १—मापक १″=६ मील को प्रदर्शक-भिन्न में प्रकट कीजिए।

चूँकि इस प्रश्न में पहिले माप की इकाई इंच में है अतः दूसरे माप (नी[illegible]ना इंचों में बदलेंगे।

६ मील=६ × ६३,३६० इंच=३८०,१६० इंच

(∵ १ मील=६३,३६० इंच)

∴ प्रदर्शक-भिन्न १ : ३८०,१६० होगी।

प्रश्न २—निम्न मापकों को प्रदर्शक भिन्न में बदलिए—

(अ) ४ इंच प्रदर्शित करते हैं १ मील।

(ब) ६ इंच प्रदर्शित करते हैं १ मील।

(अ) चूँकि पहिले माप की इकाई इंचों में है अतः दूसरी दूरी को भी इंचों में परिवर्तित कर लेंगे।

१ मील=६३,३६० इंच

∴ ४ इंच प्रदर्शित करते हैं ६३,३६० इंच को

∵ १ इंच प्रदर्शित करेगा $\frac{६३३६०}{४}$ इंच को

=१५,८४० इंच

∴ प्रदर्शक भिन्न = $\frac{१}{१५,८४०}$ होगी।

(ब) चूँकि पहिले माप की इकाई इंचों में है. अतः दूसरी दूरी को भी इंच में परिवर्तित कर लेंगे।

१ मील=६३,३६० इंच

∵ ६ इंच प्रदर्शित करता है ६३,३६० इंच को

∴ १ इंच प्रदर्शित करेगा $\frac{६३,३६०}{६}$ इंच को

=१०,५६० इंच

∴ प्रदर्शक-भिन्न = $\frac{१}{१०५६०}$ होगी।

प्रश्न ३—यदि मापक १ सेन्टीमीटर = १ किलोमीटर है तो प्रदर्शक-भिन्न बताइए ?

चूँकि माप की प्रथम इकाई सेंटीमीटर में है अतः दूसरे को भी सेंटीमीटर में बदलेंगे।

१ किलोमीटर = १००,००० सेंटीमीटर।

∴ प्रदर्शक-भिन्न $\frac{१}{१००,०००}$ होगी।

प्रश्न ४—यदि मापक ४ सेंटीमीटर = १ किलोमीटर है तो प्रदर्शक-भिन्न ज्ञात कीजिए।

∵ माप की प्रथम इकाई सेंटीमीटर में है अतः दूसरे को भी सेंटीमीटर में बदलेंगे।

१ किलोमीटर = १००,००० सेंटीमीटर।

∵ ४ सेंटीमीटर प्रदर्शित करते हैं १००,००० सेंटीमीटर को।

∴ १ सेंटीमीटर प्रदर्शित करेगा $\frac{१००,०००}{४}$ सेंटीमीटर को।

= २५,००० सेंटीमीटर।

∴ प्रदर्शक-भिन्न $\frac{१}{२५,०००}$ होगी।

प्रश्न ५—एक मानचित्र का मापक $\frac{१}{१२६,७२०}$ है। इसको शब्दों में प्रकट कीजिए।

∴ १ इंच प्रदर्शित करता है १२६,७२० इंच को।

या १ इंच ,, ,, $\frac{१२६,७२०}{६३,३६०}$ मील को।

= २ मील

∴ अभीष्ट मापक १ इंच : २ मील।

प्रश्न ६—किसी मानचित्र का मापक $\frac{१}{१,०००,०००}$ है। इसको इंच और मील में प्रदर्शित कीजिए।

∴ १ इंच प्रदर्शित करता है १,०००,००० इंच को।

या १ इंच ,, ,, $\frac{१,०००,०००}{६३,७६०}$ मील।

= १५·७८ मील

∴ अभीष्ट मापक = १″ : १५·७८ मील

प्रश्न ७—किसी मानचित्र पर प्रदर्शन भिन्न $\frac{१}{५०,०००}$ है। इस मापक को शब्दों द्वारा इंच और मील में प्रदर्शित कीजिए।

∵ १ इंच प्रदर्शित करता है ५०,००० इंच को।

या १ ,, ,, ,, $\frac{५०,०००}{६३,३६०}$ मील।

$= \frac{१२५०}{१५८४}$ मील = ०·७८९ मील

रैखिक, रचनात्मक मापक अथवा सम्मापक

(Graphical, Constructive or Plain Scale)

...त्मक मापक में दूरी एक रेखा के सहारे दिखाई जाती है। इस रेखा की लम्बाई कुछ भी हो सकती है। अतः विद्यार्थी इस रेखा की लम्बाई अपनी इच्छानुसार रख सकते हैं। यह लम्बाई चाहे जितनी भी हो सकती

है लेकिन देखने में ६ इंच के लगभग की लम्बाई ठीक मालूम होती है। अतः खींची हुई रेखा की लम्बाई प्रायः ५ और ७ इंच के बीच में रखते हैं। आवश्यकतानुसार यह लम्बाई घटाई बढ़ाई भी जा सकती है। इस सम्बन्ध में यह ठीक से समझ लेना चाहिए कि यदि आवश्यकता हो तो रेखा की लम्बाई विषम भी हो सकती है जैसे ३·३६" या ५·६७" लेकिन रेखा के सहारे दिखाई जाने वाली दूरी सदैव पूर्णांकों मे होनी चाहिए। यह संख्या प्रायः १० या १०० की कोई घात रखी जा सकती है जैसे २० या १०० या २०० या २५० या १००० मील या गज इत्यादि। रेखा की लम्बाई पूर्णांक सम संख्या होना आवश्यक है।

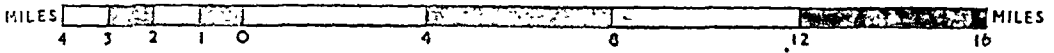
उदाहरण

प्रश्न १—१ इंच = ४ मील मापक के लिए रचनात्मक मापक खींचिए।

∵ १ इंच प्रदर्शित करता है ४ मील को।

∴ ५ ,, ,, करेगा ५ × ४ या २० मील को।

अब ५ इंच लम्बी रेखा लेकर ५ बराबर भागों में बाँटिए। इन विभागों को मुख्य भाग कहते हैं।

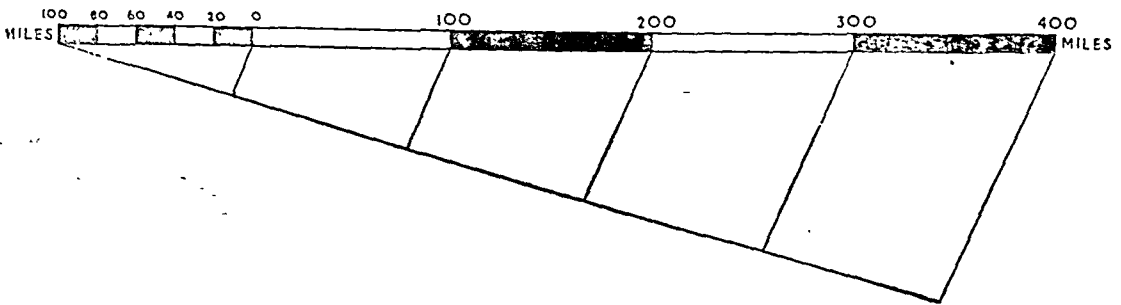
MILES 4 3 2 1 0 4 8 12 16 MILES

चित्र ६—मापक १" = ४ मील

ऊपर के चित्र में ४ मील का एक विभाग होगा। ये संख्याएं (४, ८, १२, तथा १६) इन विभागों के सहारे लिखी गई हैं। संख्यायें लिखने समय पहिला मुख्य विभाग छोड़ दिया जाता है और शून्य एक विभाग को छोड़ कर लिखा जाता है जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। फिर पहले मुख्य विभाग को छोटे-छोटे गौण विभागों में बाँटा जा सकता है जैसे ऊपर के चित्र में पहले मुख्य विभाग को एक-एक मील के चार गौण भागों में बाँटा गया है।

प्रश्न २—१ इंच = ९२ मील के मापक के लिए रैखिक मापक (Graphical Scale) खींचिए।

∵ १ इंच प्रकट करता है ९२ मील।

∴ ६ इंच प्रकट करता है ९२ × ६ या ५५२ मील।

∴ यह संख्या १० या १० की घात नहीं है। इसके समीप ऐसी संख्या ५०० है। अतः हम ५०० मील की दूरी प्रदर्शित करने वाली लम्बाई ज्ञात करेंगे।

चित्र ७—मापक १" = ९२ मील

∵ ५५२ मील = ६ इंच (मानचित्र पर)

∴ १ ,, $= \frac{६}{५५२}$ इंच

∴ ५०० ,, $= \frac{६ \times ५००}{५५२}$ इंच

$= ५·४३$ इंच

करना होता है। सभी वृत्तों के अर्द्धव्यासों की गणना करना बड़ा कठिन कार्य है और इसमें समय भी अधिक लगता है। अतः वर्गमूल मापक विभिन्न वृत्तों के अर्द्धव्यासों को ज्ञात करने का एक सुविधाजनक साधन है। परन्तु यह एक रैखिक (graphical) तथा आसन्नतात्मक (approximative) विधि ही है।

उदाहरण

कई नगरों की जनसंख्या नीचे दी हुई है। इनको वृत्तों द्वारा प्रदर्शित कीजिये जिससे उनकी तुलना ठीक ठीक समझ में आ जाय।

	जनसंख्या	पूर्णांक		जनसंख्या	पूर्णांक
क	१२,३५६	१२,०००	च	२३६,०४०	२३६,०००
ख	६०,५४६	६१,०००	छ	१२५,२५१	१२५,०००
ग	२९,९८३	३०,०००	ज	१७५,०९८	१७५,०००
घ	८९,८७५	९०,०००	झ	१४२,२४१	१४२,०००
ङ	५४,४४२	५४,०००	ञ	२१४,८९६	२१५,०००

मान लीजिए कि १०,००० व्यक्तियों को प्रदर्शित करने वाले एक वृत्त का अर्द्धव्यास .२″ है। समस्या है अन्य वृत्तों के अर्द्धव्यासों के ज्ञात करने की। वृत्तों की तुलना उनके क्षेत्रफलों से की जाती है और क्षेत्रफल अर्द्धव्यासों के समानुपातिक होते हैं क्योंकि एक वृत्त का क्षेत्र बराबर है $\pi \times$ अर्द्धव्यास^2। अतः अन्य वृत्तों के अर्द्धव्यास में उनके द्वारा प्रदर्शित संख्या के वर्गमूल का सम्बन्ध होता है। सभी वृत्तों के अर्द्धव्यास की गणना की आवश्यकता नहीं है। रैखिक विधि का उद्देश्य अनावश्यक गुणा भाग को दूर करना है अतः दी हुई संख्या की सीमा में पूर्णांक संख्यायें चुनी जातीं हैं। उदाहरण के लिये यहाँ हम ५०,०००-१००,००० तथा २५०,००० को चुन सकते हैं और उन वृत्तों के अर्द्धव्यासों की गणना कर सकते हैं जो उनको प्रकट करेंगे। दूसरी ध्यान देने योग्य महत्वपूर्ण बात यह है कि वे दी हुई संख्यायें प्रयोग में नहीं आती हैं। x-axis के साथ दिखाये गये पूर्णांक ही प्रयोग मे लाये जाते हैं।

५०,००० व्यक्तियों को प्रदर्शित करने वाले वृत्त का अर्द्धव्यास $= .२'' \times \sqrt{\frac{५०,०००}{१०,०००}} = \cdot२ \times २\cdot२ = \cdot४४''$

१000,000 ″ ″ ″ ″ ″ ″ $= \cdot२ \times \sqrt{\frac{१००,०००}{१०,०००}} = \cdot२'' \times ३\cdot१६ = \cdot६३''$

२५०,००० ″ ″ ″ ″ ″ ″ $= \cdot२'' \times \sqrt{\frac{२५०,०००}{१०,०००}} = \cdot२ \times ५ = १''$

रचना विधि

संख्यायें X अक्ष के सहारे तथा अर्द्धव्यास Y अक्ष के सहारे दिखाये जायेंगे। १″ = १००,००० का मापक लीजिये। इस मापक से X अक्ष के सहारे चुनी हुई संख्याओं को दिखाइये और चुनी हुई संख्याओं के ठीक विन्दुओं से अर्द्धवृत्तों के वरावर लम्ब खींचिये। उनके ऊपरी अन्तिम विन्दुओं को वक्र रेखा से मिलाइये। यह वक्र रेखा एक परवलय (Parabola) है। इस परवलय (Parabola) के सहारे अन्य अर्द्धव्यासों को ज्ञात किया जा सकता है। पूर्णांक संख्यायें X-अक्ष के सहारे चिन्हित की जाती है और लम्ब उन चिन्हों से वक्र रेखा तक खींचे जाते हैं। ये ही अर्द्धव्यास हैं।

चित्र २७—वर्गमूलमापक

घनमूल मापक (Scale of Cube Root)

घनमूल मापक ठोस गोलों के अर्द्धव्यासों के ज्ञात करने के लिये खींचा जाता है। जब गोलों के द्वारा तालिका प्रदर्शित की जाती है तो विभिन्न अंकों के अर्द्धव्यास ज्ञात करने का सरल साधन यही मापक है। प्रदर्शित अंकों के समानुपात गोलों को बनाया जाता है अतः उनके अर्द्धव्यास दी हुई संख्याओं के घनमूल के समानुपातिक होंगे। घनमूल मापक खींचने की विधि वर्गमूल मापक खींचने के समान ही है। दी हुई संख्याओं की सीमा में कुछ संख्यायें चुनी जाती हैं और उनका घनमूल निकाला जाता है।

उदाहरण

वही संख्यायें जैसा कि ऊपर के उदाहरण में हमने देखा है, गोलों द्वारा प्रदर्शित करनी हैं।

मान लीजिये १०,००० व्यक्तियों को प्रदर्शित करने वाले गोले का अर्द्धव्यास ·२" है, तो अन्य चुने हुए ५०,०००, १००,००० तथा २५०,००० के अर्द्धव्यासों को नीचे दी हुई विधि से ज्ञात किया जायगा।

५०,००० व्यक्तियों को प्रदर्शित करने वाले गोले का अर्द्धव्यास $= \cdot२'' \times \sqrt[३]{\frac{५०,०००}{१०,०००}} = \cdot२'' \times १\cdot७ = \cdot३४$ इंच

१००,००० " " " " $= \cdot२'' \times \sqrt[३]{\frac{१००,०००}{१०,०००}} = \cdot२ \times २\cdot१५ = \cdot४३$ इंच

२५०,००० " " " " $= \cdot२'' \times \sqrt[३]{\frac{२५०,०००}{१०,०००}} = \cdot२'' \times २\cdot९ = \cdot५८$ इंच

घनमूल मापक खीचने की विधि ठीक वही है जो वर्गमूल मापक की है। पूर्ण संख्यायें X-अक्ष के सहारे तथा अर्द्धव्यास Y-अक्ष के सहारे खींचे जाते हैं।

चित्र २८—घनमूल मापक

ढाल मापक (Scale of Slopes)

ढाल मापक एक रैखिक प्रदर्शन है जो समोच्च रेखाओं के बीच ढाल के अंशों को ज्ञात करने के लिए प्रयोग में लाया जा सकता है। इस कारण से मानचित्र पर समोच्च रेखाओं के बीच की दूरी आसानी से नापी जा सकती है। यदि ढाल दिया हो तो ढाल मापक की सहायता से दो समोच्च रेखाओं के बीच की दूरी भी निश्चित की जा सकती है।

चित्र २९

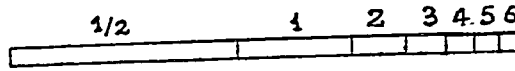
मान लीजिये कि दो समोच्च रेखाओं के बीच की लम्ब दूरी X फुट है और धरातल पर ढाल ϕ° है। इस प्रकार एक समकोण त्रिभुज खींचा जा सकता है जिसका B C लम्ब x फुट है तथा A कोण ϕ° है। यह स्मरण रखना चाहिये कि मानचित्र पर सभी दूरियाँ क्षैतिज या 'समतल' दूरियाँ (Horizontal distances) होती हैं, ढाल की सीध में नहीं। इसका अर्थ यह हुआ कि ढाल के ϕ° के लिये दो समोच्च रेखाओं के बीच की दूरी $AB = x \cot\phi^\circ$ होगी। इस दूरी को क्षैतिज दूरी (Horizontal Equivalent or H. E.) तथा लम्ब दूरी को लम्ब ऊँचाई (Vertical Interval or V. I.) कहते हैं। परम्परागत रूप में समतल दूरी (H. E.) सदैव गज में तथा लम्ब दूरी (V. I.) सदैव फुट में दी जाती है। अतः समतल दूरी ज्ञात करने का सूत्र इस प्रकार है:—

$$H.E. (\text{क्षैतिज दूरी}) = \frac{x\cot\phi}{३} \text{ गज}$$

यदि x = ५० फुट और ढाल का कोण = १°, तो

$$H.E. = \frac{५० \times ५७\cdot३}{३} \text{ गज}$$
$$= ५० \times १९\cdot१ \text{ गज}$$
$$= ५० \times २० \text{ गज (१९·१ के लिए २० लेने पर)}$$
$$= १००० \text{ गज}$$

१" = १ मील के मापक पर १००० गज, $\frac{१०००}{१७६०}$ इंच या ·५७ इंच से दिखाया जायेगा। अतः $\frac{१°}{२}$ अंश का ढाल इसकी दूनी दूरी अर्थात् 1.14" से, २° का ढाल ·२८" इंच से, ३° का ढाल·१९" से, ४°·का ढाल ·१४"से, ५° का ढाल ·१२" से, तथा ६° का ढाल ·१" लगभग से प्रदर्शित किया जायेगा। अब एक रेखा खींचिये और बाईं ओर से इन दूरियों को चिन्हित कीजिये।

1/2 1 2 3 4 5 6

चित्र ३०

Trigonometricaly	H. E = V.I. Cotφ	वास्तविक मान	ढाल मापक के लिए अनुमानित मान
१° के ढाल के लिए	$H.E. = \frac{V.I. \times ५७\cdot३}{३}$ गज	= V. I. × १९·३ गज	V. I. × २० गज
२° ,, ,, ,,	$H.E. = \frac{V.I. \times २८\cdot६}{३}$ गज	= V. I. × ९·५ ,,	V. I. × १० ,,
३° ,, ,, ,,	$H.E. = \frac{V.I. \times १९\cdot१}{३}$ गज	= V. I. × ६·३ ,,	V. I. ६·३ ,,
४° ,, ,, ,,	$H.E. = \frac{V.I. \times १४.३}{३}$ गज	= V. I. × ४·८ ,,	V. I. × ५ ,,
५° ,, ,, ,,	$H.E. = \frac{V.I. \times ११\cdot४६}{३}$ गज	= V. I. × ३·८ ,,	V. I. × ४ ,,
६° ,, ,, ,,	$H.E. = \frac{V.I. \times ९\cdot५}{३}$ गज	= V. I. × ३·२ ,,	V. I. × ३·२ ,,
७° ,, ,, ,,	$H.E. = \frac{V.I. \times ८\cdot१}{३}$ गज	= V. I. × २·७ ,,	V. I. × २·७ ,,
८° ,, ,, ,,	$H.E. = \frac{V.I. \times ७\cdot१}{३}$ गज	= V. I × २·३ ,,	V. I. × २·४ ,,
९° ,, ,, ,,	$H.E. = \frac{V.I. \times ६\cdot३}{३}$ गज	= V. I. × २·१ ,,	V. I. × २·१ ,,
१०° ,, ,, ,,	$H.E. = \frac{V.I. \times ५.७}{३}$ गज	= V. I. × १·९ ,,	V. I. × १·९ ,,

ऊपर दिये हुए मानों से यह स्पष्ट है कि हर जगह सन्निकट मानों का ही प्रयोग किया गया है अतः अन्य रैखिक प्रदर्शनों की तरह ढाल मापक भी एक सन्निकट प्रदर्शन (approximate representaticn) है।

वर्नियर मापक (Vernier Scale)

छोटे-छोटे भागों में चिन्हित मापक पर फिसलने वाले एक छोटे मापक के बनाने का श्रेय बरगंडियन पियरे वर्नियर (Burgundian Pierre Vernier) को है। रचनात्मक मापक तथा कर्णमापक से जितना शुद्ध

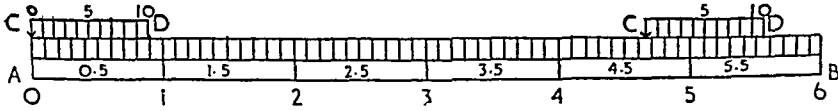
मान निकालना संभव हो सकता है उनकी अपेक्षा इस मापक से हम और भी छोटे-छोटे भागों को पढ़ सकते हैं। ये मापक लम्बाई तथा कोण दोनों के नापने के लिये प्रयोग किये जाते हैं।

वर्नियर मापक के तीन मुख्य प्रकार हैं :—

(अ) 'डाइरेक्ट' या 'धन' **वर्नियर मापक** (Direct or Positive Vernier Scale)—धन वर्नियर मापक में दोनों मापकों पर निशान एक ही दिशा में बनायें जाते हैं, बाँये से दाहिने कह लीजिये, तथा वर्नियर का शून्य एक बाण चिन्ह से निर्देशित रहता है। प्रत्येक वर्नियर विभाग, प्रारम्भिक मापक के संगतीय विभाग से $\frac{१}{न}$ वाँ भाग कम होता है।

उदाहरण

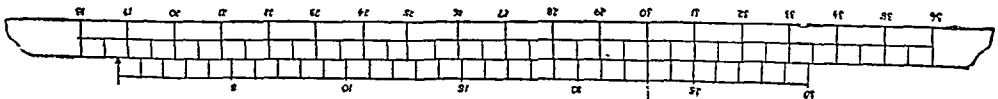
प्रश्न १—एक धन वर्नियर मापक बनाइये जिससे $\frac{१''}{१००}$ तक पढ़ा जा सके।

पहले ६" का एक प्राथमिक मापक बनाइये और $\frac{१''}{१०}$ के छोटे-छोटे भाग कीजिए। अब $\frac{९''}{१०}$ का एक वर्नियर बनाइए और उसे १० बराबर भागों में बांटिए ताकि वर्नियर का प्रत्येक छोटा भाग $\frac{९}{१०} \times \frac{१''}{१०}$ या $\frac{९''}{१००}$ को नापे। यहाँ प्रत्येक वर्नियर विभाग, प्राथमिक मापक के विभाग की अपेक्षा $\frac{१}{१०} - \frac{९}{१००} = \frac{१''}{१००}$ कम है। चित्र ३१ में वर्नियर मापक का शून्य प्रारम्भिक मापक के शून्य से इस तरह मिलता है कि वर्नियर का प्रथम विभाग $\frac{१''}{१००}$, दूसरा $\frac{२''}{१००}$, तीसरा $\frac{३''}{१००}$ .. तथा १०वाँ $\frac{१०''}{१००}$ या $\frac{१''}{१०}$ प्राथमिक मापक का एक छोटा विभाग पीछे रह जाता है।

चित्र ३१

मापक पर ४·६७" पढ़ने के लिए वर्नियर को इस प्रकार खिसकाइए कि उसका शून्य प्राथमिक मापक के ४·६" विभाग से मिल जाय। अब फिर वर्नियर को थोड़ा और दाहिने इस प्रकार खिसकाइये कि वर्नियर का सातवाँ भाग प्राथमिक मापक के किसी विभाग से मिल जाय। वर्नियर के शून्य तथा प्राथमिक मापक के शून्य के बीच की दूरी ४·६७" को प्रकट करेगी।

प्रश्न २—एक ऐसा धन वर्नियर मापक बनाइये जिससे १ मिनट तक पढ़ा जा सके।

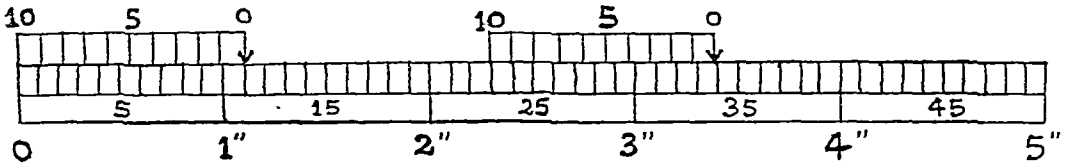
प्राथमिक मापक पर प्रत्येक छोटा विभाग $\frac{१^\circ}{२}$ अर्थात् ३० मिनट प्रदर्शित करता है; इस प्रकार हम लोगों को ऐसा वर्नियर बनाना है जो प्रारम्भिक मापक के एक छोटे विभाग के $\frac{१}{३०}$ वें भाग को पढ़ सके।

एक डाइरेक्ट वर्नियर बनाने के लिए प्राथमिक मापक के २९ विभागों को वर्नियर पर ३० विभागों में बाँटिए और तब वर्नियर $\frac{१^\circ}{२}$ या ३० मिनट के $\frac{१}{३०}$ वें भाग अर्थात १ मिनट को पढ़ेगा।

चित्र ३२

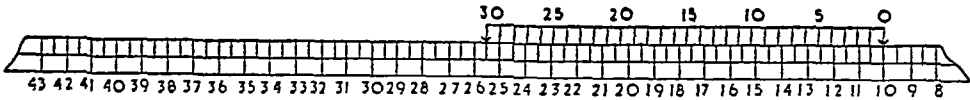
मापक पर १८°५३′ पढ़ने के लिये वर्नियर को हटाइये ताकि उसका शून्य प्राथमिक मापक के १८°३०′ से मिल जाय। अब वर्नियर को थोड़ा सा खिसकाइए ताकि उसका २३वाँ विभाग प्राथमिक मापक के किसी विभाग से मिल जाय। इस प्रकार वर्नियर द्वारा १८°३०′+२३′=१८°५३′ पढ़ा जा सकेगा।

(ब) 'रेट्रोग्रेड' या 'ऋण' वर्नियर मापक ('Retrograde' or 'Negative Vernier' Scale)—रेट्रोग्रेड वर्नियर मापक में दोनों मापकों पर निशान विरुद्ध दिशा में बनाये जाते हैं। यहाँ भी शून्य 'वाण चिन्ह' से चिन्हित किया जाता है। रेट्रोग्रेड वर्नियर का प्रत्येक विभाग, प्राथमिक मापक के संगतीय विभाग से $\frac{१}{न}$ वाँ भाग बड़ा होता है।

उदाहरण

प्रश्न १— $\frac{१''}{१००}$ तक पढ़ने के लिए एक 'रेट्रोग्रेड वर्नियर' मापक बनाइए। यहाँ हम $\frac{११''}{१०}$ का वर्नियर मापक बनायेंगे तथा उसे १० उप भागों में विभाजित करेंगे ताकि प्रत्येक छोटा भाग $\frac{११''}{१०} \times \frac{१}{१०}$ या $\frac{११''}{१००}$ नाप सके। स्पष्टतः वर्नियर का एक विभाग प्राथमिक मापक के एक विभाग से $\frac{११''}{१००} - \frac{१''}{१०} = \frac{१''}{१००}$ बड़ा है। चित्र ३३ में वर्नियर का शून्य प्राथमिक मापक के १·१ से इस प्रकार मिलता है कि वर्नियर का प्रथम विभाग $\frac{१''}{१००}$ आगे, दूसरा $\frac{२''}{१००}$ आगे, तीसरा $\frac{३''}{१००}$ आगे और १०वाँ $\frac{१०}{१००}$ या प्राथमिक माप का १ विभाग आगे रहता है।

चित्र ३३

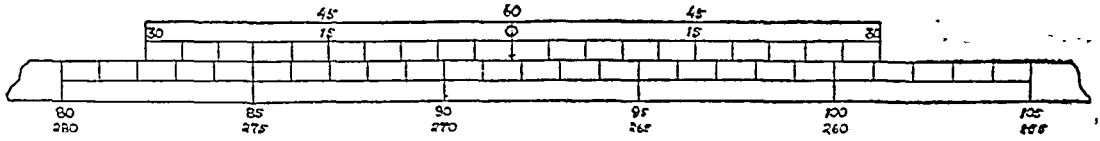
मापक पर ३·३८″ पढ़ने के लिए वर्नियर को खिसकाइए ताकि शून्य प्रारम्भिक मापक के ३·३″ से मिले। अब वर्नियर का ८वाँ भाग प्रारम्भिक मापक के किसी भाग से मिल जाय। वर्नियर के शून्य तथा प्रारम्भिक मापक के शून्य के बीच की दूरी ३·३८″ होगी।

प्रश्न २—एक रेट्रोग्रेड वर्नियर बनाइये जिससे १ मिनट तक पढ़ा जा सके।

चित्र ३४

संकेत—रिट्रोग्रेड वर्नियर मापक बनाने के लिए प्राथमिक मापक के ३१ भाग को वर्नियर के ३० भाग में बाँटिए।

(स) द्वै वर्नियर मापक (Double Vernier Scale)—द्वै वर्नियर में, ऊपर वर्णित दोनों प्रकार के वर्नियर अपने स्वाभाविक रूप में किनारे से किनारे को मिलाकर रखे जाते हैं। दोनों मिलाकर एक मापक बनाते हैं और उनके शून्य बीच में रहते हैं। यह वर्नियर विशेषरूप से कोण के लिए प्रयोग किया जाता है; एक भाग घड़ी की सुई की दिशा में (Clock-wise) तथा दूसरा भाग घड़ी की सुई की विपरीत दिशा में (anti-Clcck-wise) पढ़ने के लिये उपयोग में आता है। दो रेखाओं द्वारा बने अन्तः कोण तथा वहिर्कोण इससे सीधे नापे जा सकते हैं। साधारण वर्नियर से इसकी लम्बाई दूनी होती है। फिर भी पैमाइश करने के कुछ यंत्रों में वर्नियर संशोधित रूप में

पाये जाते हैं और द्वै वर्नियर की लम्बाई साधारण वर्नियर की लम्बाई के बराबर ही होती है, शून्य उनके मध्य में लिखा रहता है तथा अन्य संख्यायें दो पंक्तियों में दिखाई जाती हैं । देखिये चित्र नं० ३५ ।

द्वै वर्नियर पढ़ने की विधि—यदि वर्नियर के 'वाण' चिन्ह को आप दाहिने ओर खिसकाते हैं तो उसके दाहिनार्द्ध पर ० से ३० की ओर वर्नियर पढ़िये । यदि वर्नियर के विभाग तथा प्राथमिक मापक के विभाग का कोई मिलन चिन्ह (mark of conicidence) नहीं मिलता तो उसे बिल्कुल बाँये हाथ की ओर से ३० से ६० पढ़िये । यदि

चित्र ३५

आप वर्नियर के 'वाण' चिन्ह को बाँई ओर खिसकाते हैं तो उसके बाँवार्द्ध पर ० से ३० की ओर वर्नियर पढ़िये और 'मिलन-चिन्ह' न मिलने पर बिल्कुल दाहिने ओर के सिरे ३० से ६० पढ़िये । चित्र नं० ३५ में द्वै वर्नियर में ९१°-३९' तथा २६८°-२१' पढ़ा जा सकता है ।

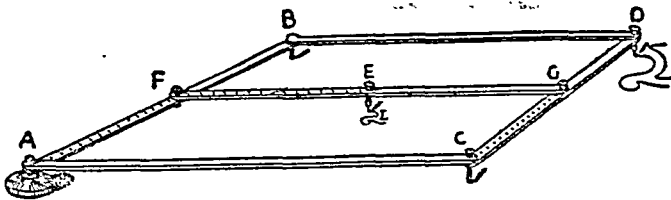
मानचित्रों का प्रसार और संकोच

(Enlargement and Reduction of Maps)

फोटोग्रैफिक साधनों द्वारा मानचित्र शीघ्र तथा शुद्ध रूप में बड़े तथा छोटे किये जा सकते हैं । इस क्रिया के लिये कुछ अन्य भी उपाय है किन्तु यहाँ मानचित्र-रचना-विधि (Cartograhphical) तथा यांत्रिक विधि (Instrumental) का उल्लेख किया जायेगा।

(अ) यांत्रिक विधियां

(१) केमरा (Camera)—मानचित्रों के संकोच तथा प्रसार की सबसे आसान तथा सही विधि केमरे द्वारा है। केमरे द्वारा मानचित्रों को अधिक सही रूप में बड़ा या छोटा किया जा सकता है, किन्तु प्रसार कीं अपेक्षा संकोच (Reduction) अधिक संतोष जनक होता है क्योंकि प्रसारण में अशुद्धियाँ बढ़ जाती है । सब कुछ होते हुए भी यह विधि अधिक खर्च की अपेक्षा रखती है ।

(२) पैन्टोग्राफ (Pantograph)—यह मानचित्रों का बड़ा या छोटा करने वाला एक बहुत ही साधारण किन्तु उपयोगी यंत्र है । पैन्टोग्राफ में दो या अधिक सुइयाँ एक छड़ में लगी रहती हैं । जब एक सुई खिसकाई जाती है तो दूसरी सुई अपने आप खिसक जाती है । एक सुई मानचित्र की सीमा-रेखा (outline) के सहारे खिसकाई जाती है तो दूसरी सुई भी ठीक उसी तरह की सीमा-रेखा (मानचित्र सीमा-रेखा से छोटा या बड़ा) का अंकन करती है । किन्तु केन्द्र से प्रत्येक सूई की दूरी स्थिर रहती है तथा एक दूसरे से भिन्न रहती है। इस प्रकार पैन्टोग्राफ समानान्तर चतुर्भुज के सिद्धान्त पर कार्य करता है ।

चित्र ३६—पैन्टोग्राफ

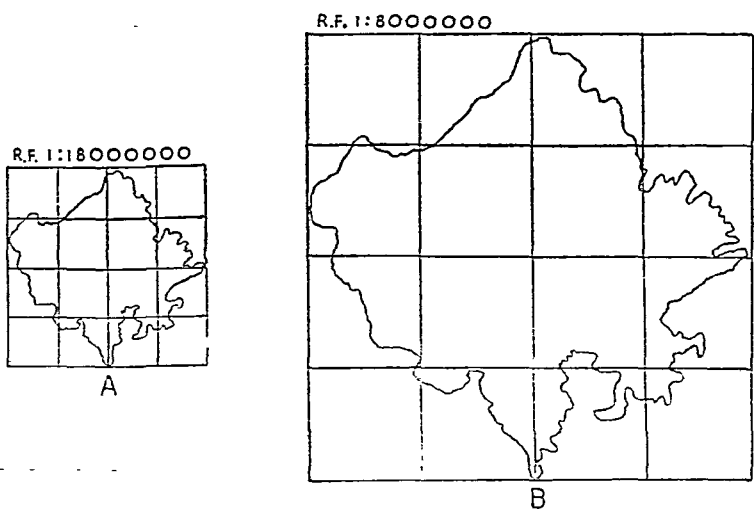
मानचित्रों के प्रसार की अपेक्षा उनके संकोचन के लिये पैन्ट्रोग्राफ अधिक उपयोगी है क्योंकि मानचित्रों के छोटा करने में यह अधिक सफलता से कार्य करता हैं । प्रसार की दशा में पहली सुई के खिसकाने में थोड़ी सी भी अशुद्धि होने पर प्रसारण सुई द्वारा अशुद्धि बहुत बढ़ जायेगी । इस कारण प्रसारण की दशा मे अशुद्धि के बहुत से तत्व बढ़ जाते हैं। इसके विपरीत संकोचन की दशा में अशुद्धि कम हो जाती है । साधारणतया पैन्टोग्राफ से एक मानचित्र

अपने आकार से ४ या ५ गुना से अधिक बड़ा नहीं किया जाता। आज के वैज्ञानिक-युग के लिए पैन्टोग्राफ एक पुरानी चीज हो गई है और इसका प्रयोग बहुत कम होने लगा है। अजकल मानचित्र 'फोटोस्टेट्स' (Photostats) द्वारा छोटे या बड़े किये जाते हैं।

(३) समानुपातिक परकार (Proportional Compasses)—इस यंत्र मे दो छड़ जुड़े रहते हैं जिनके दोनों सिरे नुकीले रहते हैं और जो विभाजक (Divider) का कार्य करते हैं। ये मानचित्रों के प्रसार तथा संकोच दोनों के लिए प्रयोग किये जा सकते हैं लेकिन इनका प्रयोग विशेष प्रचलित नहीं है।

(ब) रैखिक विधियां

समान वर्गों, आयतों, त्रिभुजों एवं वृत्तों की सहायता से भी हम मानचित्रों के आकार को छोटा-बड़ा कर सकते हैं किन्तु अपनी सरलता तथा सार्वभौलिकता के कारण वर्गविधि (Square Method) सर्वश्रेष्ठ है जब कि अन्य विधियों का प्रयोग विशेष अवस्थाओं में किया जा सकता हैं जैसे समान त्रिभुजों का प्रयोग संकरे क्षेत्र जैसे सड़क, रेलवे, नदी की धारा आदि के लिए किया जा सकता हैं। इसी प्रकार समान वृत्तों का प्रयोग लगभग वृत्ताकार भू-भागों के लिये किया जा सकता है।

वर्गविधि—वर्गविधि मानचित्रों के प्रसार तथा संकोच के लिए सबसे आसान विधि है। यह विधि मापकों के अनुकूल दूरियों को ठीक करने के सिद्धान्तों पर आधारित है। मान लीजिये कि राजस्थान का एक मानचित्र दिया हुआ है जिसका मापक $\frac{१}{१८,०००,०००}$ है। इसे $\frac{१}{८,०००,०००}$ के मापक पर विस्तृत करना है। सर्व प्रथम दिये हुए मानचित्र पर वर्गों का जाल बिछाइये। इन वर्गों की प्रत्येक भुजा की एक ही निश्चित लम्बाई रखी जायेगी। मान लीजिये कि यह लम्बाई आधा इंच है। अब यदि हम दूसरा वर्गों का जाल खींच सके तो सुविधापूर्वक मानचित्र की सीमा दूसरे वर्गों के जाल पर उतार सकते हैं। अब अवस्था यह है कि दूसरे जाल के वर्ग की भुजा की लम्बाई क्या रखी जाय। इसके लिये मापक का सहारा लेना पड़ेगा।

चित्र ३७—एक राजस्थान का मानचित्र

$$\because \text{ जब मापक } \frac{१}{१८,०००,०००} \text{ है, तो लघु वर्ग की भुजा } \frac{१}{२} \text{ इंच है।}$$

$$\therefore \;\;,, \;\;,, \;\; \frac{१}{८,०००,०००} \;\;,, \;\;,, \;\; \frac{१ \times १८,०००,००० \times १}{२ \times १ \times ८,०००,०००} \text{ इंच}$$

$$= \frac{९}{८} \text{ इंच} = १\frac{१}{८} \text{ इंच।}$$

अब $१\frac{१}{८}$ इंच की भजा के वर्ग खींचिये और ध्यान पूर्वक देख देखकर मानचित्र की सीमा नये जाल पर उतारिये। देखिये चित्र नं० ३७। निम्नांकित गुरु से वर्ग की भुजा की लम्बाई भी ज्ञात की जा सकती है। यदि ज्ञातव्य भुजा क है तो

$$क = \frac{\text{खींचे हुए वर्ग की भुजा} \times \text{प्रथम प्र० भि० का हर}}{\text{दूसरे प्रदर्शक भिन्न का हर}}$$

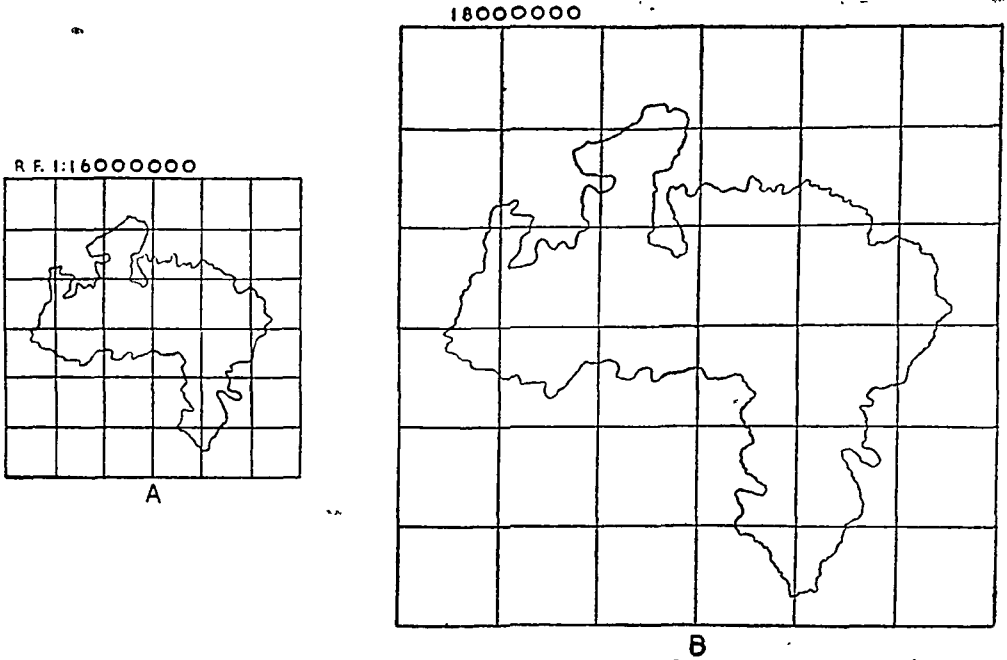
उदाहरण

प्रश्न: मापक $\frac{१}{८,०००,०००}$ पर बने हुए मध्य प्रदेश के मानचित्र को माप $१\frac{१}{१६,०००,०००}$ पर संकुचित कीजिए।

मान लिया कि प्रथम मापक पर बने हुए लघु वर्ग की भुजा १″ इंच है।

मान लिया कि ज्ञातव्य भुजा क इंच है। तब गुरु के अनुसार

$$क = \frac{१'' \times ८,०००,०००}{१६,०००,०००} = \cdot५''$$

अब, उपयुक्त वर्गों की संख्या खींचकर मानचित्र छोटा किया जा सकता है।

चित्र ३८

मानचित्रों की संधि

[Combination of Maps]

यदि एक ही सीमा पर मिलने वाले मानचित्र दो भिन्न भिन्न मापकों पर दिये हुए हैं तो उन्हें जोड़कर पुन: मानचित्र खींचा जा सकता है। इसमें पहले एक वर्गों का जाल खींच लेते हैं जिसके वर्गों के भुजा की लम्बाई मानली जाती है। फिर मापकों के अनुसार दोनों दिये हुए मानचित्र पर दो जाल खींचते हैं और दोनों के वर्गों की भुजाएँ अलग-अलग ज्ञात करनी होती है।

उदाहरण

प्रश्न : उत्तर प्रदेश तथा बिहार के मानचित्रों की संधि जो क्रमश: $\frac{१}{१७,५००,०००}$ तथा $\frac{१}{८,०००,०००}$ मापक पर खिचे हुए हैं, मापक $\frac{१}{१०,०००,०००}$ पर कीजिए।

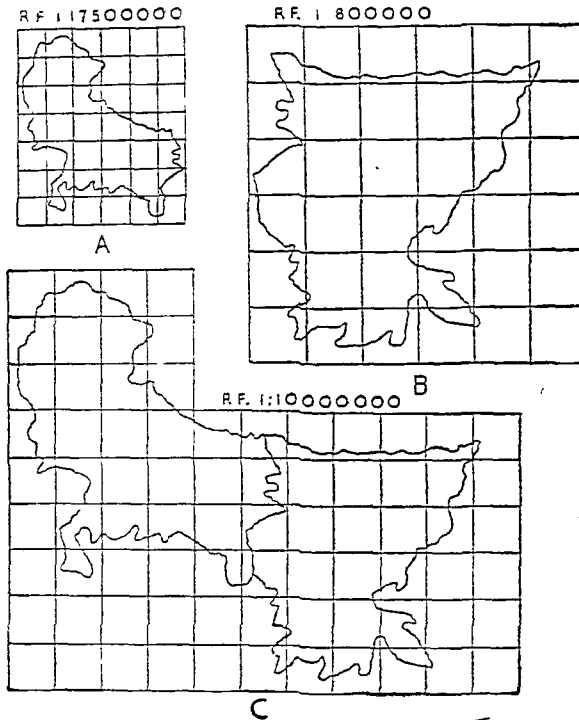
मापक $\frac{१}{१७,५००,०००}$ पर बने हुए उत्तर प्रदेश के मानचित्र पर ०·३" भुजा लघु वर्ग खींचिए।

अतः मापक $\frac{१}{८,०००,०००}$ पर बने हुए बिहार के मानचित्र के लघु वर्ग की भुजा

$$=\frac{०·३ \times १७,५००,०००}{८,०००,०००} \text{ इंच} = ०·६५ \text{ इंच।}$$

तथा मापक $\frac{१}{१०,०००,०००}$ पर बनाए जाने वाले बिहार तथा उत्तर प्रदेश के संधि मानचित्र के लघु वर्ग की भुजा

$$=\frac{०·३ \times १७,५००,०००}{१०,०००,०००} \text{ इंच} = ०·५२ \text{ इंच।}$$

अब दोनों मानचित्रों के लिए पृथक-पृथक वर्गों के जाल बनाइए तथा तत्पश्चात उनकी संधि कीजिए।

चित्र ३९

अध्याय ३

मानचित्र प्रक्षेप

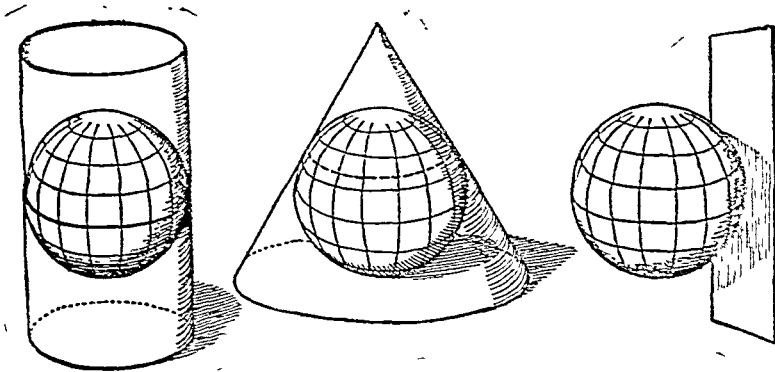
खण्ड क: साधारण

प्रत्येक मानचित्र समतल स्तर पर खींचा जाता है और पृथ्वी के समस्त गोलाकार धरातल को अथवा उसके किसी अंश को प्रदर्शित करता है। गोलाकर धरातल को चौरस स्तर पर प्रदर्शित करने में प्रक्षेप की सहायता लेना पड़ती है। ग्लोब पर अक्षांस तथा देशान्तर रेखाओं का जाल फैला होता है जिसे अमुक प्रक्षेप की सहायता से समतल स्तर पर स्थानान्तरित कर देते हैं तथा अभीष्ट मानचित्र प्राप्त हो जाता है। इसकी एक सरल विधि यह है कि एक एसा गोला लीजिए जिस पर अक्षांस तथा देशान्तर रेखाएँ तार द्वारा बनी हुई हों। इस गोले के केन्द्र विन्दु पर एक दीपक रखिए तथा गोले से सटाकर अथवा उसके निकट एक चौकोर कागज फैलाइए, तार द्वारा बनी हुई अक्षांस तथा देशान्तर रेखाओं की छाया इस फैले हुए कागज पर प्रक्षेपित होगी। इस प्रकार इस प्रक्षेपित (फेंकी हुई) छाया से कागज पर अक्षांस तथा देशान्तर रेखाओं का जाल-सा बन जायगा। अतः प्रक्षेप (Projection) का तात्पर्य स्वयं इस वास्तविक विधि से है जिसके द्वारा गोलाकार धरातल पर बनी हुई अक्षांस तथा देशान्तर रेखाओं को समतल स्तर पर प्रदर्शित किया जाता है। परन्तु प्रक्षेप (Projection) का प्रयोग समतल स्तर पर बने हुए अक्षांश तथा देशान्तर रेखाओं के जाल के लिए भी किया जाता है। इसके अन्य अंग्रेजी पर्यायवाची Graticule, Grid, Net अथवा Mesh भी हैं। परन्तु प्रक्षेप (Projection) सब से अधिक लोकप्रिय हैं, अतः इसे ही बहुधा प्रयोग किया जाता है। अब हम प्रक्षेप की इस प्रकार परिभाषा कर सकते हैं—प्रक्षेप अक्षांस तथा देशान्तर रेखाओं के क्रमबद्ध (Systematic) जाल को कहते हैं जिसे चौकोर समतल कागज पर समस्त पृथ्वी अथवा, उसके किसी अंश के लिए खींचा जाता है।

प्रक्षेप के भेद

प्रक्षेपों का वर्गीकरण दो प्रकार से किया जा सकता है—रचना विधि तथा उद्देश्य के अनुसार।

रचना विधि के अनुसार प्रक्षेपों के भेद

किसी शीशे के ग्लोब के भीतर प्रकाश रखकर उसके धरातल पर बने हुए अक्षांश तथा देशान्तर रेखाओं के जाल को किसी विस्तारशील धरातल (Developable Surface) पर प्रक्षेपित किया जा सकता है। इस विधि से बने हुए प्रक्षेपों को प्रतिविम्ब प्रक्षेप (Perspective Projection) कहते हैं। ये अधिक उपयोगी नहीं होते हैं क्योंकि इनमें क्षेत्रफल, आकृति, दूरी तथा दिशा सभी शुद्ध नहीं होती हैं। प्रक्षेप के केन्द्र-विन्दु से दूर हटते ही मानचित्र अधिक अशुद्ध हो जाता है। इन अशुद्धियों को दूर करने के लिए गणित का प्रयोग करके अप्रतिविम्ब प्रक्षेप (Non-perspective Projection) बनाए गये हैं जो बहुत ही उपयोगी हो गये हैं। इस प्रकार रचना विधि के अनुसार दो भेद, प्रतिविम्ब प्रक्षेप (Perspective projection) तथा अप्रतिविम्ब प्रक्षेप (Non-perspective projection) हुए जिनका मूलाधार प्रकाश का प्रयोग ही है।

चित्र ४०

रचना विधि के अनुसार प्रक्षेपों का दूसरा वर्गीकरण उस स्तर के आधार पर हो सकता है जिस पर प्रक्षेप खींचा जावे।

(अ) शिरच्छेदीय प्रक्षेप (Zenithal Projection)–स्पर्श रेखा तल (Tangent plane) पर खींचे हुए प्रक्षेप।

(ब) शंकु प्रक्षेप (Conical Projections)—शंकु के धरातल पर खींचे हुए प्रक्षेप।

(स) बेलनाकार प्रक्षेप (Cylindrical Projections)—बेलनों के धरातल पर खींचे हुए प्रक्षेप।
इनके अतिरिक्त कुछ ऐसे भी प्रक्षेप होते हैं जिनका मूलाधार गणित ही होती है। इन्हें (Conventional Projcctions) कहते हैं। इस प्रकार प्रक्षेपों का चौथा भेद है—

(द) अभिसामयिक प्रक्षेप (Conventional Peojections) जिनका एक मात्र आधार गणित ही है।

यह बात स्पष्ट है कि उपरोक्त तीनों स्तर-सम्बन्धी प्रक्षेप—Zenithal, Conical and Cylindrical—"Perspective" तथा "Non-Perspective" दोनों ही प्रकार के हो सकते है। परन्तु Zenithal Projections में तो Perspective तथा Non-Perspective दोनों महत्वपूर्ण हैं, जबकि शंकु प्रक्षेपों तथा बेलनाकार प्रक्षेपों में केवल Non-perspective प्रकार के प्रेक्षप महत्वपूर्ण हैं।

उद्देश्य के अनुसार प्रक्षेपों के भेद

उद्देश्य के अनुसार प्रक्षेपों के निम्नलिखित भेद हैं :—

(अ) शुद्ध-क्षेत्र प्रक्षेप (Equal-area, or Equivalent, or Homolographic Projection)

(ब) शुद्ध-आकार प्रक्षेप (True Shape, or Orthomorphic, or Conformal Projections)

(स) शुद्ध-दिशा प्रक्षेप (True bearing or Azimuthal Projections)

शुद्ध-क्षेत्र प्रक्षेप (Equal-area or Homolographic Projection) में भौगोलिक क्षेत्रफल शुद्ध दिखाया जाता है। चूँकि क्षेत्रफल लम्बाई तथा चौड़ाई का गुणनफल होता है, अतः यदि लम्बाई को बढ़ाया जाय तथा चौड़ाई को उत्क्रमतः घटाया जावे अथवा लम्बाई को घटाया जावे और चौड़ाई को उत्क्रमतः बढ़ाया जावे, क्षेत्रफल ज्यों का त्यों बना रहता है। उदाहरण के लिए एक दो-इंच वाले वर्ग को ले लीजिए जिसका क्षेत्रफल ४ वर्ग इंच है। यदि इसकी एक भुजा को दूना तथा दूसरी को आधा करके फिर नया आयत बनाएँ तो उसका क्षेत्रफल ४ × १ = ४ वर्ग इंच होगा। इस प्रकार यह स्पष्ट है कि यदि किसी प्रक्षेप पर अक्षांस तथा देशान्तर रेखाओं द्वारा निर्मित कोई आकार ग्लोब पर खींची हुई उन्हीं अक्षांस तथा देशान्तर रेखाओं द्वारा सीमित आकार से क्षेत्र में समान है—तो वह शुद्ध-आकार प्रक्षेप (True Shape or Orthomorhic Projection) नहीं हो सकता। इसी प्रकार कोई शुद्ध-आकार प्रक्षेप भी शुद्ध-क्षेत्र प्रक्षेप (Equal-area Projection) नहीं हो सकता है।

शुद्ध-आकार प्रक्षेप (True-Shape, or Orthomorphic or Conformal Projection) में धरातलीय आकर शुद्ध दिखाये जाते हैं। इस प्रक्षेप के लिए यह आवश्यक है कि किसी भी बिन्दु पर हर एक दिशा में मापक समान रहे, परन्तु यह उसी दशा में सम्भव है जब अक्षांश तथा देशान्तर रेखाएँ एक दूसरे पर लम्बवत् हों। चूँकि मापक में स्थानान्तर परिवर्तन होता है अतः वृहत क्षेत्रों का आकार शुद्ध नहीं रहता है। इस दृष्टिकोण से शुद्ध-आकार प्रक्षेप आदर्शमात्र है क्योंकि वास्तविकता में किसी भी प्रक्षेप में बृहत क्षेत्र शुद्ध-आकार वाले नहीं हो सकते हैं।

शुद्ध-दिशा प्रक्षेप (Azimuthal Projections) में दिशाओं का क्रम ग्लोब के ही समान होता है। वास्तव में इस बात की बड़ी आवश्यकता है कि मानचित्र के अन्यान्य बिन्दुओं में दिशा सामंजस्य हो, परन्तु सरल रेखाओं द्वारा सभी दिशाओं को शुद्धतापूर्वक दिखाना टेढ़ी खीर है। शुद्ध दिशा प्रक्षेप का तात्पर्य केवल इतना ही है कि प्रक्षेप के केन्द्र से सभी दिशाएँ शुद्ध होती हैं, अन्य बिन्दुओं से सम्बन्धित दिशाओं की शुद्धता का उससे कोई अभिप्राय नहीं है।

खण्ड ख : शिरच्छेदीय प्रक्षेप (Zenthithal Projections)

शिरच्छेदीय प्रक्षेप (Zenithal Projection) में ग्लोब पर बने हुए अक्षांश तथा देशान्तर रेखाओं के जाल को स्पर्श-रेखा-तल (Tangent Plane) पर प्रक्षेपित कर लेते हैं। इनमें केन्द्र से सभी बिन्दुओं की दिशाएँ शुद्ध होती हैं क्योंकि इनका धरातल शंकु अथवा बेलनाकार न होकर चौकोर होता है। शुद्ध-दिशा सूचक होने के कारण ही इन्हें (Azimuthal Projections) कहते हैं।

इन प्रक्षेपों की शुद्ध दिशा का रहस्य यह है कि इनके निर्माण में गोले को उसके केन्द्रीय विन्दु के ठीक ऊर्ध्व विन्दु (Vertical Point) से देखते हैं। इसी कारण से इन प्रक्षेपों को शिरच्छेदीय अथवा शीर्षक (Zenithal Projection) कहते हैं।

स्पर्श रेखा तल जो कि शिरच्छेदीय प्रक्षेपों (Zenithal Projections) का आधार होता है, कई अवस्थाओं में ग्लोब को स्पर्श कर सकता है—किसी ध्रुव पर, अथवा भूमध्य रेखा पर अथवा किसी अन्य विन्दु पर। इस प्रकार स्पर्श स्तल की स्थिति के अनुसार प्रक्षेपों के तीन भेद हो सकते हैं :—

(१) ध्रुवीय शिरच्छेदीय प्रक्षेप (Polar Zenithal Projection)—जब स्पर्श रेखा तल (Tangent Plane) ग्लोब को ध्रुव पर छूता है।

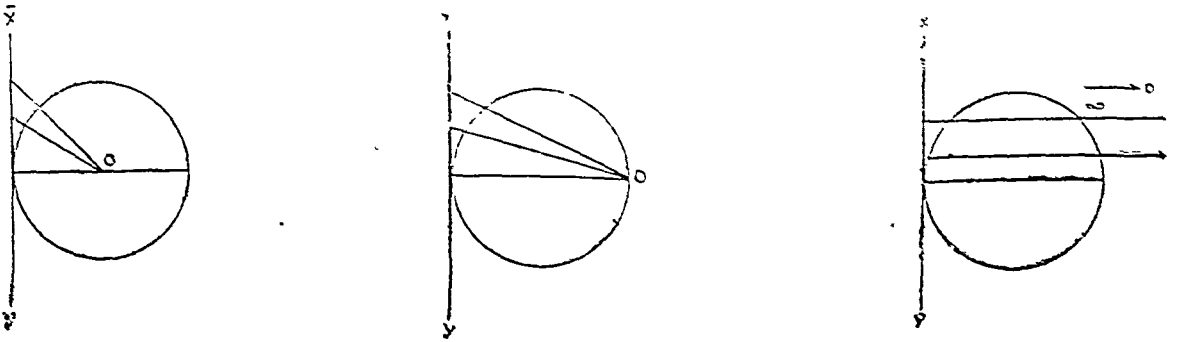
(२) भूमध्य रेखीय शिरच्छेदीय प्रक्षेप (Equatorial Zenithal Projection)—जब स्पर्श रेखा तल (Tangent Plane) ग्लोब को भूमध्य रेखा पर छूता है।

(३) तिर्यक शिरच्छेदीय प्रक्षेप (Oblique Zenithal Projection)—जब स्पर्श रेखा तल ग्लोब को किसी अन्य विन्दु पर छूता है।

प्रकाश की स्थिति भी काफी महत्वपूर्ण है क्योंकि अक्षांस तथा देशान्तर रेखाओं के बीच दूरी प्रक्षेपित विन्दुओं तथा प्रकाश की स्थिति पर ही निर्भर होती है। प्रकाश को ग्लोब के केन्द्र पर से अथवा उसकी आन्तरिक परिधि के किसी विन्दु पर जो स्पर्श-तल-रेखा के सम्मुख हो, अथवा ग्लोब के बाहर रक्खा जा सकता है और उसकी स्थिति के आधार पर शिरच्छेदीय प्रक्षेपों के तीन भेद हो सकते हैं :—

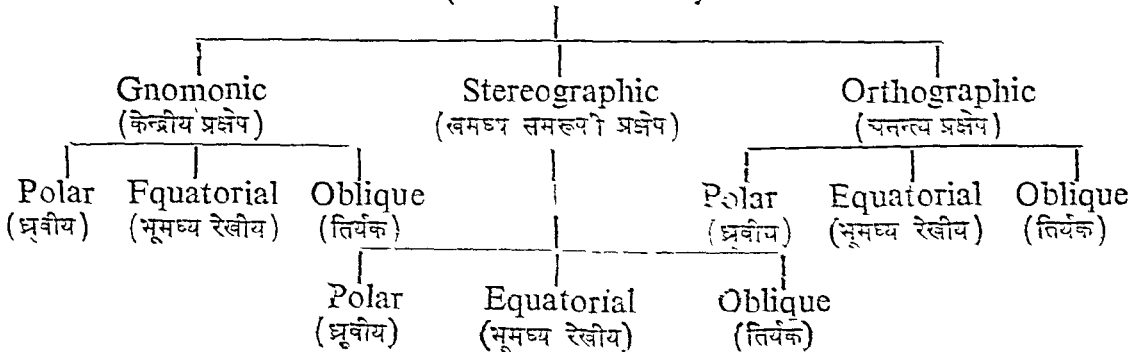
(१) केन्द्रीय प्रक्षेप (Gnomonic Projection)—जब प्रकाश ग्लोब के केन्द्र पर रक्खा जाता है।

(२) खमध्य समरूपी प्रक्षेप (Stereographic Projection)—जब प्रकाश ग्लोब की आन्तरिक परिधि के किसी ऐसे विन्दु पर हो जो स्पर्शरेखा तल के सम्मुख व्यास के दूसरे सिरे पर स्थित हो।

(३) अनन्त्य प्रक्षेप (Orthographic Projection) जब प्रकाश विन्दु ग्लोब के बाहर असीम दूरी (infinite distance) पर स्थित हो तो इस अवस्था में प्रकाश की किरणें समानान्तर होंगी।

चित्र ४१

इस प्रकार स्पर्श-स्तल की स्थिति तथा प्रकाश की स्थिति के आधार पर प्रकाश शिरच्छेदीय प्रक्षेपों (Perspective Zenithal Projections) को निम्नांकित ९ वर्गों में बांटा जा सकता है :—

Perspective Zenithal Projections
(प्रकाश-शिरच्छेदीय प्रक्षेप)

- Gnomonic (केन्द्रीय प्रक्षेप)
  - Polar (ध्रुवीय)
  - Fquatorial (भूमध्य रेखीय)
  - Oblique (तिर्यक)
- Stereographic (खमध्य समरूपी प्रक्षेप)
  - Polar (ध्रुवीय)
  - Equatorial (भूमध्य रेखीय)
  - Oblique (तिर्यक)
- Orthographic (अनन्त्य प्रक्षेप)
  - Polar (ध्रुवीय)
  - Equatorial (भूमध्य रेखीय)
  - Oblique (तिर्यक)

इन प्रक्षेपों के अतिरिक्त कई प्रकार के Non-perspective Zenithal Projections भी हैं। परन्तु यहाँ हम केवल ऐसे दो प्रक्षेपों पर विचार करेंगे जो एटलसों में बहुत लोकप्रिय हैं :—

१—शिरच्छेदीय सम-दूरी प्रक्षेप (Zenithal Equi-distant Projection)

२—शिरच्छेदीय सम-क्षेत्र प्रक्षेप (Zenithal Equal-area Projection)

केन्द्रीय शिरच्छेदीय प्रक्षेप

(Gnomonic or Central Projections)

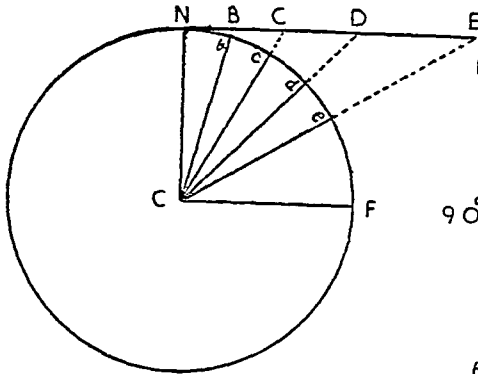
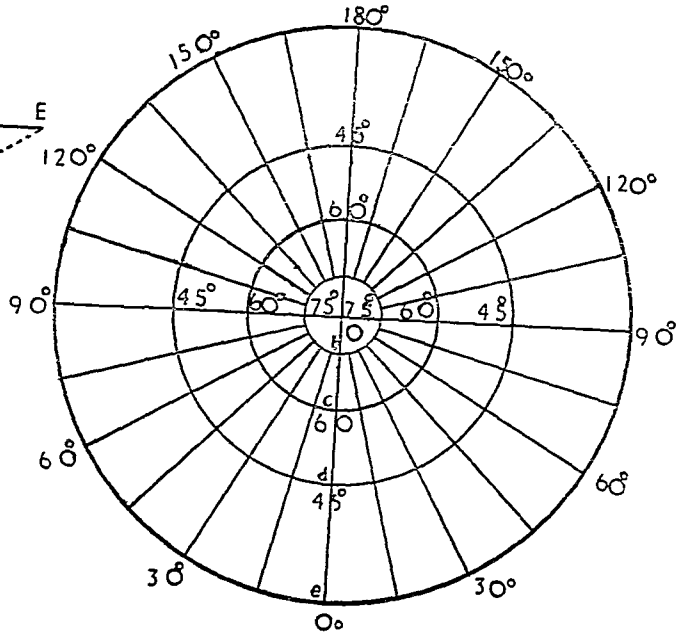
इन प्रक्षेपों के निर्माण के लिए यह कल्पना करनी पड़ती है कि प्रकाश ग्लोब के केन्द्र पर रक्खा हुआ है और स्पर्श-रेखा-तल ग्लोब को किसी विन्दु पर स्पर्श कर रहा है। अतः स्पर्श-रेखा-तल की स्थिति के अनुसार इन प्रक्षेपों के तीन भेद हो सकते हैं :—

ध्रुवीय—जब स्पर्श-रेखा-तल ग्लोब को एक ध्रुव पर स्पर्श करता है,

भूमध्यरेखीय—जब स्पर्श-रेखा-तल ग्लोब को भूमध्य रेखा के किसी विन्दु पर स्पर्श करता है;

तिर्यक—जब स्पर्श-रेखा-तल ग्लोब की किसी अन्य विन्दु पर स्पर्श करता है। यहाँ हम केवल ध्रुवीय तथा भूमध्यरेखीय अवस्थाओं पर ही विचार करेंगे।

(अ) केन्द्रीय ध्रुवीय प्रक्षेप

रचना-विधि (Graphical)—पृथ्वी के गोले को प्रदर्शित करने के लिए मापक के अनुसार एक वृत्त खींचिये। जिन अक्षांस वृत्तों को प्रदर्शित करना है उनके अर्द्धव्यासों को भी खींचिये।

चित्र ४२ (अ) चित्र ४२ (ब)

उपरोक्त चित्र का मापक १/२५०,०००,००० है, अतः पृथ्वी को प्रदर्शित करने वाले गोले का अर्द्धव्यास १" है। ७५°, ६०°, ४५° तथा ३०° के अक्षांसों को १५° के प्रक्षेपान्तर पर दिखाना हैं। NE स्पर्श-रेखा-तल को प्रदर्शित करता है जो ग्लोब के उत्तरी ध्रुव N पर स्पर्श करता हैं। अक्षांस रेखाओं के अर्धव्यास ज्ञात करने के लिए अमुक अक्षांस दिखाने वाले अर्द्धव्यासों को स्पर्श-रेखा-तल तक बढ़ाइए। इस प्रकार अभीष्ट अर्धव्यास NB, NC, ND

तथा NE हैं। यह विधि इस कारण से अपनाई जाती है कि जब प्रकाश केन्द्र पर होता है तो b, c, d, e की छाया B, C, D, E पर पड़ेगी। अब प्राप्त अर्ध-व्यास लेकर समकेन्द्रीय वृत्त खींचये। ये अक्षांस वृत्त हैं। देशान्तर खींचने के लिए दिये हुए प्रक्षेपान्तर पर केन्द्र विन्दु से चाँदे की सहायता से कोण निश्चित करके सरल रेखाएँ खींचिए। [चित्र ४२ (ब) देखिए]।

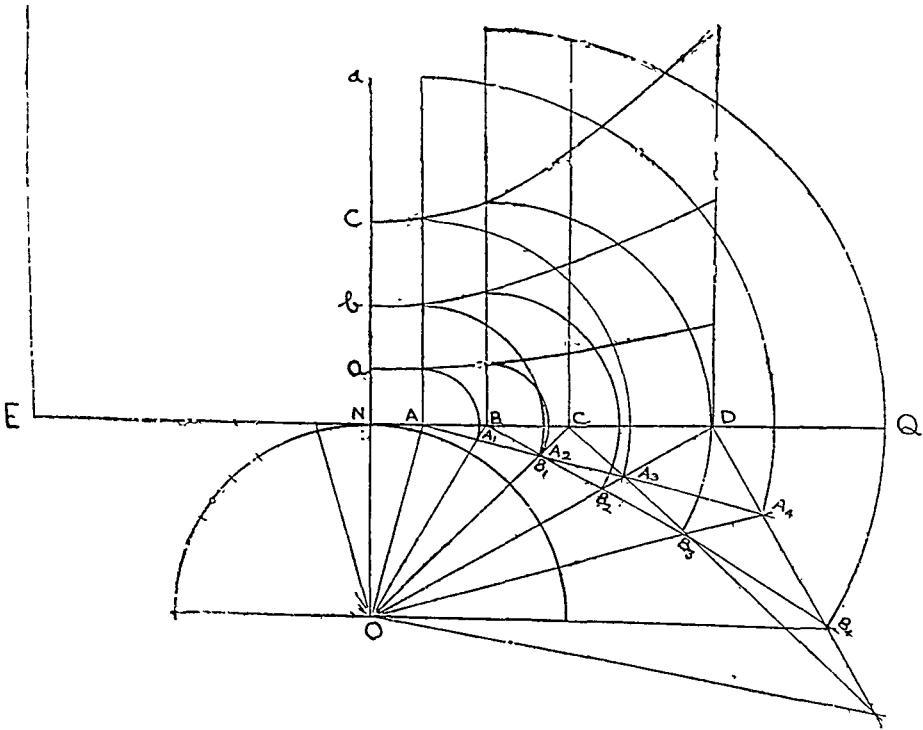
Mathematical :—इस प्रक्षेप की रचना विधि म केवल अक्षांस वृत्तों के अर्धव्यासों को ज्ञात करने की ही समस्या है। जब अर्धव्यास ज्ञात हो जायें तो अक्षांस वृत्तों को समकेन्द्रित वृत्तों द्वारा प्रदर्शित कर देते है। देशान्तर रेखाओं को Graphical विधि की भाँति प्रदर्शित कर देते हैं।

अब चित्र ४२ (अ) को देखिये। ७५° अक्षांस-वृत्त का अर्धव्यास NB है तथा ∠BCF=७५°। NC पृथ्वी के अर्धव्यास R के बराबर हैं। ⊿ NBC में

$$\frac{NB}{NC} = \tan \angle NCB$$

$$\frac{NB}{R} = \tan (९०° - BCF)$$

$$\therefore NB = R \tan (९०° - BCF)$$
$$= R \tan (९०° - lat.)$$
$$= R \cot lat. \text{ or } R \tan co\text{-}lat$$
$$= R \cot ७५° \text{ or } R \tan १५°$$

इस प्रकार अन्य अर्धव्यास R cot६०°, R cot ४५°, R cot ३०° होंगे। यदि मापक $\frac{१}{२५०,०००,०००}$ है तो R = १

चित्र ४३

∴ ७५° अक्षांस-वृत्त का अर्धव्यास = २०·२६७″
६०° ,, ,, = ०.५७७″
४५° ,, ,, = १·०″
३०° ,, ,, = १·७३२″

इन अर्ध व्यासों से अक्षांसों के लिए सम केन्द्रिक वृत्त खीचिए और देशान्तरों को चाँदे की सहायता से खींचिए (चि० ४२ (व))।

विशेषताएँ

(१) इस प्रक्षेप में अक्षांस रेखाएँ सम केन्द्रिक वृत्तों द्वारा प्रदर्शित की जाती हैं।

(२) अक्षांस समदूरी पर नहीं होते हैं, अर्थात जैसे जैसे हम केन्द्र से दूर हटते जाते हैं उनके बीच की दूरी वढ़ती जाती हैं।

(३) देशान्तर रेखाएँ सरल रेखाओं द्वारा दिखाई जाती हैं। इसका तात्पर्य यह है कि इस प्रक्षेप में सभी दीर्घ वृत्तों (Great Circles) को सरल रेखाओं द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। अतः इस प्रक्षेप में किन्हीं भी दो स्थानों के बीच की लघुतम दूरी उन दोनों विन्दुओं को मिलाने वाली सरल रेखा द्वारा जानी जा सकती है।

(४) इस प्रक्षेप के केन्द्र से सभी विन्दुओं की दिशा शुद्ध होती हैं।

(५) चूँकि केन्द्र से हटते ही अक्षांसों तथा देशान्तरों दोनों के सहारे मापक वढ़ता जाता है अतः केन्द्र से दूरस्थ क्षेत्रों में क्षेत्रफल वहुत वढ़ जाता है। इसलिए इस प्रक्षेप को शुद्ध-क्षेत्र प्रक्षेप नहीं कह सकते हैं।

(६) मापक के स्थानान्तर परिवर्त्तन के फलस्वरूप ही क्षेत्रों की आकृति भी विकृत हो जाती है अतः यह शुद्ध आकृति प्रक्षेप भी नहीं है।

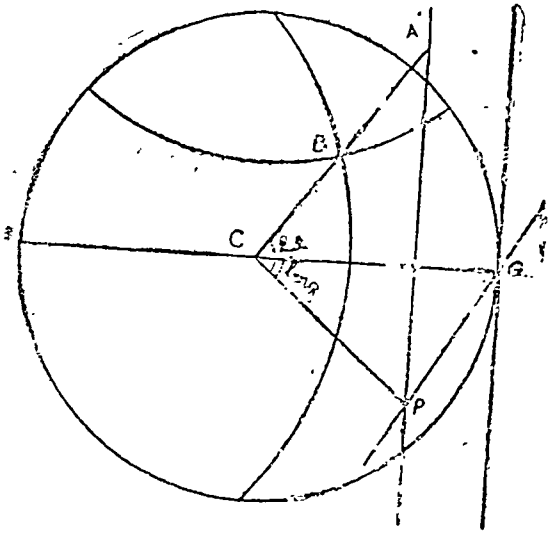
(७) इस प्रक्षेप के गोलार्द्धों के प्रदर्शन के लिए भी प्रयोग नहीं कर सकते हैं क्योंकि इस पर ०° अक्षांस वृत्त को प्रदर्शित ही नहीं कर सकते हैं इसका कारण यह है कि केन्द्र से ९०° दूर स्थित अक्षांस (०° अक्षांस अथवा भूमध्य रेखा की प्रक्षेपित रेखा स्पर्श-रेखा-तल (Tangent Plane) के समान्तर हो जाती है $(R \cot 0 = \infty)$।

उपयोग :—क्षेत्रफल तथा आकृति दोनों अशुद्ध होने के कारण ध्रुवो के निकटवर्तीय क्षेत्रों को प्रदर्शित करने के लिए ही इस प्रक्षेप को प्रयोग किया जाता है। साधारणतया ९०° से ६०° के मध्यवर्ती क्षेत्रों के लिए इसे प्रयोग में लाते हैं।

(ब) केन्द्रीय भूमध्य रेखीय प्रक्षेप

केन्द्रीय प्रक्षेप की इस अवस्था म प्रकाश ग्लोव के केन्द्र पर होता है तथा स्पर्श-रेखा-तल भूमध्य रेखा के किसी विन्दु पर ग्लोव को स्पर्श करता है। इसमें भी देशान्तर रेखाएँ सरल रेखाएँ होती हैं, परन्तु अक्षांस रेखाएँ समकेंद्रित वृत्त नहीं होते हैं। भूमध्य रेखा तथा मध्यान रेखा पर प्रक्षेपान्तर समान होते हैं तथा उन्हें ध्रुवीय अवस्था की भाँतिही ज्ञात करते हैं।

Graphical Construction :—चित्र ४३ में NA, AB, CD तथा Na ab, bc, cd, क्रमशः भूमध्य रेखा (E Q) तथा मध्यान्ह रेखा (ND) के सहारे प्रक्षेपान्तरों की दूरियाँ है तथा क्रमशः एक दूसरे के समान हैं। भूमध्य रेखा के A, B, C, D विन्दुओं पर लम्ब खींचिए। ये अन्य देशान्तर रेखाएँ होंगीं। इनके सहारे प्रक्षेपान्तर दूरियों को ज्ञात करने के लिए, उदाहरण के लिए मध्यान्ह रेखा के वाद की पहली देशान्तर को लीजिए, OA रेखा के A विन्दु पर लम्ब खींचिए जो OB, OC तथा OD आदि को A_1, A_2, A_3 तथा A_4 आदि विन्दुओं पर मिलता है। अतः इस देशान्तर की प्रक्षेपान्तर दूरियाँ AA_1, AA_2, $A_2 A_3$, A_3A_4 होंगी। उन्हें A को केन्द्र मानकर तथा AA_1, AA_2, AA_3 आदि के वरावर अर्धव्यास लेकर निश्चित किया जा सकता है। इसी प्रकार दूसरी देशान्तर रेखा की प्रक्षेपान्तर दूरियाँ BB_1, BB_2, BB_3 अदि होंगी। इन्हें सुडौल वक्र रेखाओं द्वारा मिलाइए। ये अक्षांस रेखाएँ होंगी। मध्यान्ह रेखा के दूसरी ओर देशान्तर तथा अक्षांस दखाओं का क्रम सदृश ही होगा। इस प्रकार भूमध्य रेखा के उत्तरी क्षेत्रों के लिए प्रक्षेप तैयार हो जायगा। भूमध्य रेखा के दक्षिण के क्षेत्रों के लिए साधारण माप द्वारा इस विधि का अनुसरण कर सकते हैं।

Mathematical Construction त्रिकोणमिती की रीति से भी इस प्रक्षेप की रचना की जा सकती है। इसके लिए चि० ४४ देखिए जिसमें QPA स्पर्श-रेखा-तल ग्लोव को भूमध्य रेखा के Q विन्दु पर स्पर्श करता है। ग्लोव पर B एक ऐसा विन्दु है जो QPA स्पर्श-रेखा-तल के A विन्दु पर प्रक्षेपित किया गया है। अतः PA (spacing) को निश्चित करना है। B विन्दु का स्थान ग्लोव पर अक्षांस तथा देशान्तर रेखाओं के भुजयुग्म (coordinates) द्वारा निश्चित किया जाता है जो केन्द्र पर प्रदर्शित किया गया है।

चित्र ४४

अब CPQ△ में ∠Q=९०° तथा CQ=R (पृथ्वी का अर्द्धव्यास)

इसलिए $\frac{CP}{CQ}$ = sec long.

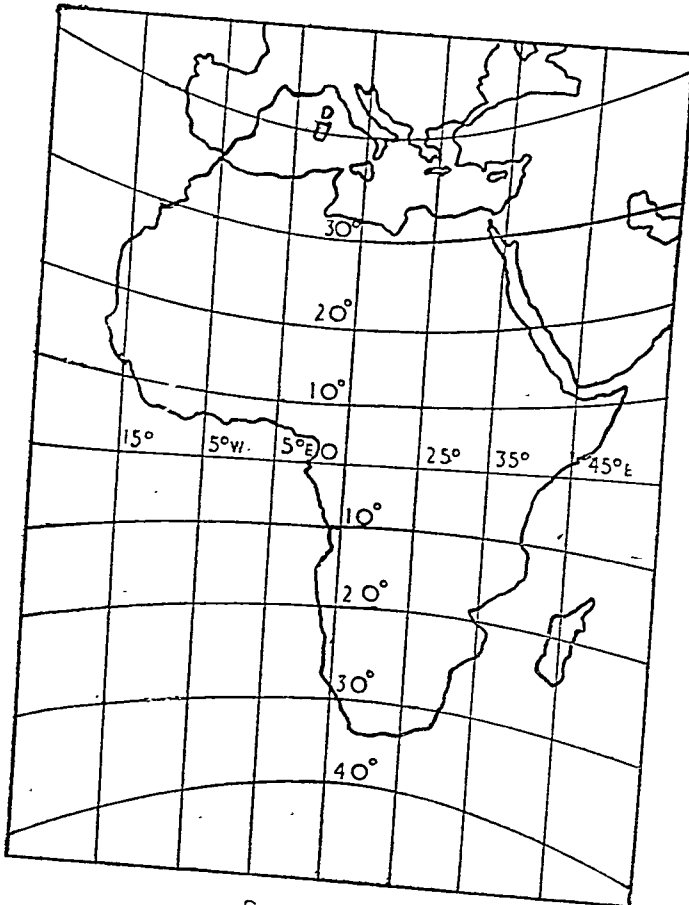
∴ CP=CQ sec long. or R sec long.

ACP भी एक समकोण त्रिभुज है जिसमें ∠APC=९०°

∴ $\frac{AP}{CP}$ =tan lat.

∴ AP=CP tan lat.

∴ AP=R sec long. tan lat.

उपरोक्त सूत्र के आधार पर हम विभिन्न विन्दुओं के स्थान को नियत कर सकते हैं।

चित्र ४५

उदाहरण—अफ्रीका महाद्वीप ४०° उ० अ० से ४०° द० अ० तथा २०° प० दे० से ६०° पू० दे० तक फैला हुआ है। उसके लिए मापक १/१२५,०००,००० तथा प्रक्षेपान्तर १०° पर एक प्रक्षेप तैयार कीजिए।

उपरोक्त सूत्र के आधार पर निम्नांकित गणना कीं आवश्यकता होगी :—

R sec १०° tan १०° = ०·३५८″
R sec १०° tan २०° = ०·७३९″
R sec १०° tan ३०° = १·१६″
R sec १०° tan ४०° = १·७०″
R sec २०° tan १०° = ०·३७४″
R sec २०° tan २०° = ·७७″
R sec २०° tan ३०° = १·२२″
R sec २०° tan ४०° = १·७८″
R sec ३०° tan १०° = ०·४०″
R sec ३०° tan २०° = ०·८४″
R sec ३०° tan ३०° = १·३२″
R sec ३०° tan ४०° = १·९३″
R sec ४०° tan १०° = ०·४६″
R sec ४०° tan २०° = ०·९५″
R sec ४०° tan ३०° = १·५०″
R sec ४०° tan ४०° = २·१८″

विशेषताएँ

इस प्रक्षेप की अधिकांश विशेषताएँ ध्रुवीय केन्द्रीय प्रक्षेप के ही समान हैं। परन्तु जहाँ ध्रुवीय प्रक्षेप में अक्षांस रेखाएँ सम केन्द्रिक वृत्त होती हैं, भूमध्यरेखीय प्रक्षेप में वे सुडौल वक्र रेखाओं द्वारा प्रदर्शित की जाती हैं जिनके केन्द्र भी भिन्न भिन्न होते हैं। इस प्रक्षेप की रचनाविधि भी कठिन है।

प्रयोग

यह प्रक्षेप भूमध्यरेखीय क्षेत्रों के प्रदर्शन के लिये प्रयोग किया जाता है। चूँकि प्रक्षेप के केन्द्र से दूर हटते ही क्षेत्र तथा आकार में बहुत अशुद्धि हो जाती है अतः इस पर विस्तृत भूभागों को सफलता पूर्वक प्रदर्शित नहीं किया सकता है। यह प्रक्षेप विषवत् रेखा के ३०° उत्तर तथा दक्षिण और उतना ही मध्य रेखा के दोनों ओर के क्षेत्रों को प्रदर्शित करने के लिये बहुत उपयोगी है।

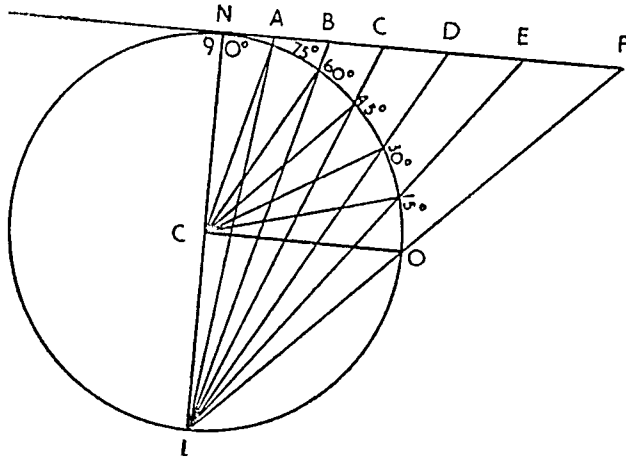
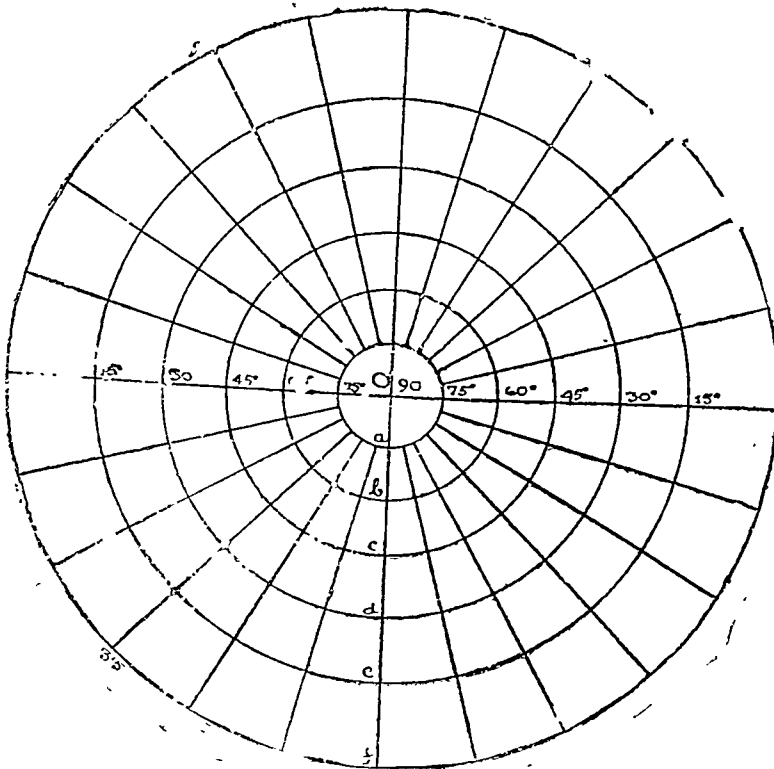
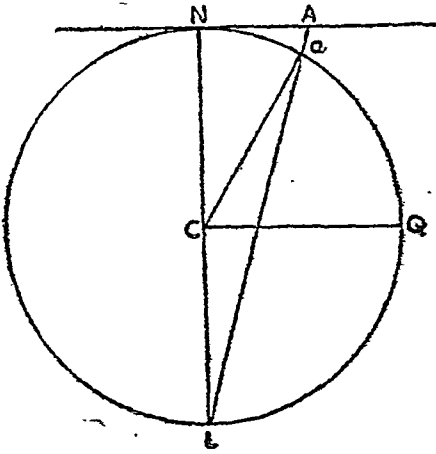
खमध्य समरूपी अथवा शुद्ध आकार शिरश्छेदीय प्रक्षेप
(Stereographic or Zenithal Orthomorphic Projection)

खमध्य प्रक्षेप बहुत लोक प्रिय रहा है। इसका कारण यह है कि इस पर गोलार्द्धों को भली भाँति प्रदर्शित किया जा सकता है। इस प्रक्षेप के निर्माण के लिये यह कल्पना करनी पड़ती है कि एक व्यास के एक सिरे पर प्रकाश तथा दूसरे पर स्पर्श-रेखा-तल है।

(अ) खमध्य समरूपी ध्रुवीय शिरश्छेदीय प्रक्षेप
(Stereographic Polar Zenithal Projection)

Graphical Construction:—दिये हुये मापक के अनुसार पृथ्वी के गोले को खीचिये तथा अभीप्ट अक्षांसों के कोण बनाइये। चित्र ४६ में ०°, १५°, ३०°, ४५°, ६०°, ७५°, तथा ९०° उ० अ० वृत्त को १५° के प्रक्षेपान्तर पर प्रदर्शित किया गया है। स्पर्श रेखातल ग्लोब को N विन्दु (उत्तरी ध्रुव) पर स्पर्श करता है। L विन्दु पर प्रकाश है।

विन्दु L को विभिन्न अक्षांश विन्दुओं से मिला दिया गया है तथा परिधि पर अंकित अक्षांस कोणों के विन्दुओं को मिलाने वाली रेखाओं को स्पर्श-रेखा-तक बढ़ा दिया गया है जहाँ वे A, B, C, D, E तथा F, विन्दुओं पर मिलती हैं। इस प्रकार ९०°, ७५°, ६०°, ४५°, ३०°, १५°, तथा ०° अक्षांस विन्दुओं का प्रतिविम्ब

A,B,C,D,F तथा F पर पडता है। अतः प्रक्षेप में खींच जाने वाले अक्षांश वृत्तों के अर्धव्यास क्रमशः NA, NB, NC, ND, NE तथा NF हैं तथा उनके बीच की दूरियों NA, AB, BC, CD, DE, तथा EF हैं। अब किसी विन्दु O को केन्द्र मानकर अर्धव्यासों की सहायता से समकेन्द्रिक वृत्त खीचिये जो प्रक्षेप के अक्षांस वृत्त होंगे। देशान्तर रेखाओं को केन्द्र मानकर अर्धव्यासों की सहायता से खींचिये। इस प्रकार प्रक्षेप का निर्माण हो जावेगा (चित्र ४७ को देखिए)

चित्र ४६

चित्र ४७

चित्र ४८

Mathematical Construction—इस प्रक्षेप की रचना में अक्षांस वृत्तों के अर्धव्यास ज्ञात करने की समस्या है। जैसा कि हम ऊपर देख चुके हैं कि ये अर्धव्यास NA, NB आदि हैं। चित्र ४८ में NA अर्धव्यास का मान निकालना है। a विन्दु का अक्षांस $\angle acQ$ है अतः $\angle Nca = ९०^\circ - \angle acQ$ or $\angle Nca$ जो सह-अक्षांस (co-latitude) है। हमें ज्ञात है कि $\angle Nca = २\angle NLa$

समकोण $\triangle NLA$ में

$$\frac{NA}{NL} = \tan NLA$$

$$\therefore \quad NA = NL \tan NLA$$

$$= 2 R \tan \frac{Nca}{2}$$

$$= 2 R \tan \frac{co-lat.}{2}$$

$$\text{or } = 2 \text{ or } N \tan \frac{90 - lat.}{2}$$

इस सूत्र के द्वारा अन्यान्य अक्षांस वृत्तों के अर्धव्यास ज्ञात किए जा सकते हैं तथा देशान्तर रेखाओं को चांदे द्वारा खींचा जा सकता हैं।

चित्र ४९

उदाहरण :—एशिया के महाद्वीप के लिए मापक १/२५०,-०००,००० पर एक स्टीरियोग्राफिक शिरण्छेदीय प्रक्षेप खींचिए जब कि प्रक्षेपान्तर १५° हो।

७५ वीं अक्षांस का अर्धव्यास $= 2 R \tan \frac{१५^\circ}{२}$

$$\left(2 R \tan \frac{९०^\circ - ७५^\circ}{२}\right)$$

$$= २ \times १ \times \cdot १३१७$$

$$= \cdot २६''$$

६० वीं ,, ,, $= २ R \tan \frac{९०^\circ - ७०^\circ}{२}$

$$= २ \times १ \times \cdot २६७९$$

$$= \cdot ५४''$$

४५ वीं ,, ,, $= २ R \tan \frac{४५^\circ}{२}$

$$= २ \times १ \times \cdot ४१४२$$

$$= \cdot ८३''$$

३० वी ,, ,, $= २ R \tan \frac{६०^\circ}{२}$

$$= २ \times १ \times \cdot ५७७४ = १ \cdot १५''$$

१५ वीं ,, ,, $= २ R \tan \frac{७५^\circ}{२}$

$$= २ \times १ \times \cdot ७६७३ = १ \cdot ५३''$$

० वी ,, ,, $= २ R \tan \frac{९०^\circ}{२} = २ \times १ \times १ = २''$ (चित्र ४९ देखिये)

विशेषताएँ

(१) सभी अक्षांस रेखाएँ समकेन्द्रित वृत्त होती है।

(२) अक्षांस वृत्तो के बीच की दूरी बराबर नही होती है, अपितु जैसे जैसे हम केन्द्र से दूर हटते जाते हे अक्षांस वृत्तों के बीच की दूरी बढ़ती जाती है। परन्तु इस प्रक्षेप मे प्रक्षेपान्तर इतनी तीव्र गति से नही बढ़ते जितने कि केन्द्रीय प्रक्षेप (Gnomonic Projection) मे। यही कारण है कि इस प्रक्षेप पर बहुत विस्तृत क्षेत्रों को सफलता पूर्वक प्रदर्शित किया जा सकता है।

(३) अन्य ध्रुवीय प्रक्षेपों की भाँति इस प्रक्षेप मे भी देशान्तर रेखाएँ केन्द्र से किरणवत बिखरी रहती हैं।

(४) इस प्रक्षेप पर केन्द्र से सभी बिन्दुओं की दिशा ठीक होती है।

(५) इस प्रक्षेप पर केन्द्र से जैसे जैसे दूर हटते जाते हैं अक्षांस तथा देशान्तर दोनों के मापक बढ़ते जाते हैं। परन्तु दोनों की वृद्धि समानुपात मे होती है। यही कारण है कि इस प्रक्षेप पर आकृति शुद्ध रहती है। इसलिए इसका नाम शुद्ध-आकृति शिरच्छेदीय प्रक्षेप (Orthomorphic Zenithal Projection) है।

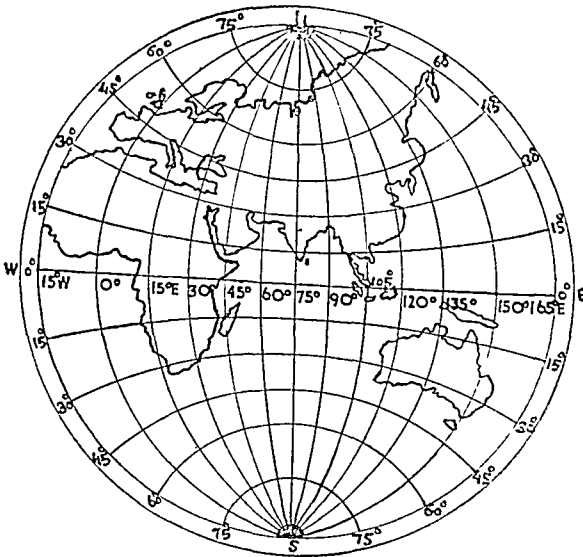
(६) इस प्रकार यह शुद्ध आकार तथा शुद्ध-दिशा प्रक्षेप है, परन्तु यह शुद्ध-क्षेत्र प्रक्षेप नही है।

प्रयोग

यह प्रक्षेप ध्रुवीय क्षेत्रों के लिए बहुत उपयोगी है। चूंकि इस पर केन्द्रीय प्रक्षेप (Gnomonic Projection) की भाँति प्रक्षेपान्तरों मे अधिक वृद्धि नही होती, अतः इसे गोलार्द्धो (उत्तरी तथा दक्षिणी) के मानचित्रों के लिए प्रयोग किया जाता है। पृथक-पृथक महाद्वीपों तथा देशों के मानचित्रों के लिए भी प्रयोग किया गया है।

(ब) खमध्य समरूपी भूमध्य रेखीय शिरच्छेदीय प्रक्षेप
(Stereographic Equatorial Zenithal Projection)

रचना विधि

Graphical Construction :—दिए हुए मापक के अनुसार एक वृत्त खीचिए तथा भूमध्य रेखा और मध्यान्ह रेखा दोनों की प्रक्षेपान्तर दूरियों को नियत कीजिए। यह दोनों प्रक्षेपान्तर बराबर होते है तथा उन्हें ध्रुवीय प्रक्षेप की भाँति ही नियत करते हैं। ये प्रक्षेपान्तर NA, AB, BC, आदि है। EQ तथा NS दो सरल रेखाएँ खीचिए जो एक दूसरे पर लम्बवत् हों। इन पर प्रक्षेपान्तर दूरियों को अंकित कीजिए। O को केन्द्र मानकर NF अर्धव्यास की दूरी लेकर एक वृत्त खीचिए जो मध्यान्ह रेखा से ९०° दूर की सीमित देशान्तर होगी। चाँदे की सहायता से इनकी परिधि पर १५° के कोणों के चिन्ह लगाइए। संगति बिन्दुओं (दो परिधि पर तथा एक मध्यान्ह रेखा पर) को सुडौल वक्र रेखाओं द्वारा मिलाइए। इसी प्रकार देशान्तर रेखाओं को खींचने के लिए दोनों ध्रुवों तथा उनके संगति बिन्दुओं को सुडौल वक्र रेखाओं द्वारा भूमध्यरेखा पर स्थिति मिलाइए।

चित्र ५०

Mathematical Construction :—भूमध्यरेखा तथा मध्यान्हरेखा के प्रक्षेपान्तरों की दूरियों को ध्रुवीय प्रक्षेप की भाँति ही नियत करते है। यदि किसी अक्षांस तथा भूमध्यरेखा के बीच

की दूरी X° है तो केन्द्र से अमुक प्रक्षेपान्तर की दूरी $2R \tan\frac{X^\circ}{2}$ होगी। अब अन्यान्य अक्षांसों तथा देशान्तरों के अर्धव्यास तथा केन्द्र नियत करना है। चित्र ५२ में PP_1 एक अक्षांस तथा NS एक देशान्तर है जिनके अर्धव्यास तथा केन्द्र नियत करते हैं। ये दो अर्धव्यास PT_1 तथा ST_2 हैं। PC तथा CS दोनों 2 R के बराबर हैं क्योंकि ये सीमित देशान्तर (Bounding Meridian) PP_1S के अर्धव्यास के बराबर हैं। प्रत्येक दशा में सीमित देशान्तर (Bounding Meridian) का अर्धव्यास जो मध्यान्ह रेखा से ९०° दूर है,

चित्र ५२

$2\ R\ \tan\frac{९०}{२} = 2\ R$ होता है।

$\angle PCT_2$ अक्षांस तथा $\angle QSC$ देशान्तर हैं। अब समकोण त्रिभुज T_1PC में

$$\frac{PT_1}{PC} = \tan PCT_1$$
$$= \tan (90^\circ - PCT_2) \text{ or } \tan \text{ co-lat.}$$
$$= \cot PCT_2 = \cot \text{ lat.}$$
$$PT_1 = PC \cot \text{lat} = 2\ R \cot \text{ lat.}$$

सभी अक्षांस की लम्बाइयाँ 2 R cot lat. सूत्र द्वारा ज्ञात की जा सकती हैं। T_1 विन्दु C से CT की दूरी पर है।

अब फिर समकोण △ $T_1\ PC$ में—

$$\frac{CT_1}{PC} = \sec PCT_1$$
$$CT_1 = PC \sec \text{ co-lat.}$$
$$= 2R \sec \text{ co-lat.}$$
$$CT_1 = 2R \sec \text{ co-lat.}$$

∴ वृत्त के केन्द्र से अक्षांस वृत्तों की दूरी = 2 R cosec lat·

देशान्तर का T_2S अर्धव्यास ज्ञात करने के लिए समकोण △ T_2SC में :—

$$\frac{T_2S}{CS} = \sec T_2SC$$
$$T_2S = CS \sec T\ SC$$
$$= 2R \sec (90^\circ - QSC)$$
$$= 2R \text{ cosec } QSC$$

∴ देशान्तर का अर्धव्यास = 2R cosec long. (मध्यान्तर रेखा के सहारे)

इसी प्रकार $\frac{T_2S}{CS} = \tan T_2SC$
$$= \tan (90^\circ - CSQ)$$
$$= \cot CSQ$$
$$T_2C = CS \cot CSQ$$

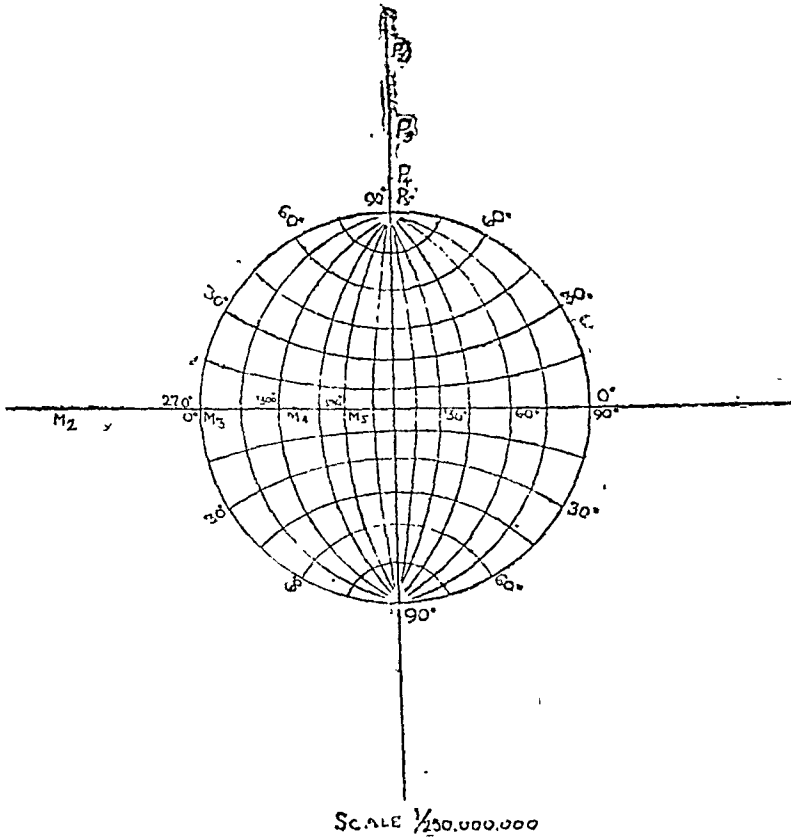
∴ वृत्त के केन्द्र से देशान्तर के केन्द्र विन्दु की दूरी = 2R cot long. (मध्यान्ह रेखा के सहारे)

उदाहरण :—पूर्वी गोलार्द्ध के लिएमापक १/५००,०००,००० पर एक स्टीरियोग्राफिक खमध्य रेखीय प्रक्षेप खींचिये जब कि प्रक्षेपान्तर (interval) १५° हो।

इस प्रक्षेप पर ०°, १५°, ३०°, ४५°, ६०°, ७५° तथा ९०° उ० तथा द० अ० और ०°, १५°, ३०°··तथा १८०° पू० दे० दिखाना हैं। इसकी मध्यान्ह रेखा ९०° पू० दे० होगी।

चूंकि मापक = १/५००,०००,००० है अतः $R = \frac{1}{2}$ इंच

ध्रुवीय तथा भूमध्य रेखीय अक्ष रेखाओं (axes) के छेदन विन्दु (Point of intersection) से अन्यान्य देशान्तरों के केन्द्रों की दूरी 2R cot long. तथा अर्ध व्यासों की दूरी 2R cosec long. है। निम्न-लिखित तालिका से सभी आवश्यक मान ज्ञात किये जा सकते हैं।

Degrees	2R cot (Degrees)	2R cosec (Degrees)
१५	३·७३″	३·८६″
३०	१·७३″	२·००″
४५	१·००″	१·४१″
६०	०·५८″	१·१५″
७५	०·२७″	१·०४″
९०	०·००″	१·००″

चित्र ५२

उपरोक्त तालिका के आधार पर प्रक्षेप खींचा जा सकता है।

दो ऐसी सरल रेखाओं को लीजिये जो एक दूसरे को ० विन्दु पर लम्बवत् काटती हों। ० से अक्षांस वृत्तों तथा देशान्तरों के केन्द्रों को नियत कीजिये। मान लीजिये कि वे क्रमशः P_1, P_2 आदि तथा m_1 m_2 आदि हैं। इन केन्द्रों से अन्याय अक्षांसों तथा देशान्तरों के चाप वृत्त खींचिये। भूमध्यरेखीय खमध्य समरूपी प्रक्षेप प्राप्त हो जायगा।

दूसरी विधि :—उपरोक्त विधि के अनुसार प्रक्षेप के खींचने में कुछ कठिनाई होती है। इसकी एक दूसरी विधि यह है कि अक्षांसों तथा देशान्तरों के केन्द्र विन्दुओं को नियत कर लिया जावे तथा ध्रुवीय और भूमध्य रेखीय

अक्ष रेखाओं पर प्रक्षेपान्तर भी अंकित कर दिया जावें। इसका तात्पर्य यह हुआ कि अन्यान्य अर्धव्यास स्वतः निश्चित हो जाते हैं। इन केन्द्र विन्दुओं से अक्ष रेखाओं के संगति विन्दुओं से होते हुए चाप खींचिये। इस प्रकार प्रक्षेप सरलतापूर्वक खींचा जा सकता हैं।

विशेषताएँ

(१) भूमध्य रेखा के अतिरिक्त सभी अक्ष वृत्त वक्र चाप होते हैं।

(२) मध्यान्ह रेखा (Central Meridian) के अतिरिक्त सभी देशान्तर भी वक्रचाप होते हैं।

(३) अक्षांस तथा देशान्तर दोनों ही के प्रक्षेपान्तर समान नहीं होते हैं, अपितु, जैसे जैसे केन्द्र से दूर हटते जाते हैं प्रक्षेपान्तर की लम्बाई बढ़ती जाती है।

(४), (५), (६) ध्रुवीय स्टीरियोग्राफिक की (४), (५) तथा (६) विशेषताएँ इस प्रक्षेप के लिये भी सार्थक हैं।

प्रयोग

यह प्रक्षेप गोलार्द्धों के मानचित्रों के लियें प्रयोग किया जाता है।

अनन्त्य शिरष्छेदीय प्रक्षेप
(Orthographic Zenithal Projections)

इन प्रक्षेपों में प्रकाश अनन्त दूरी पर रक्खा जाता हैं। स्पर्श-रेखा-तल ग्लोब को किसी ध्रुव पर अथवा भूमध्य रेखा के किसी विन्दु पर अथवा अन्य किसी विन्दु पर स्पर्श कर सकता है। इन्हीं तीनों अवस्थाओं के कारण अनन्त्य प्रक्षेप के तीन प्रभेद हो सकते हैं—

(अ) ध्रुवीय (Polar), (ख) भूमध्य रेखीय (Equatorial), (स) तिर्यक (Oblique)। यहाँ हम केवल प्रथम दो प्रक्षेपों पर विचार करेंगे।

चित्र ५३

चित्र ५४

(अ) अनन्त्य ध्रुवीय शिरष्छेदीय प्रक्षेप
(Orthographic Polar Zenithal Projection)

रचना विधि

Graphical Construction :—दिये हुये मापक के अनुसार पृथ्वी को प्रदर्शित करने के लिये एक वृत्त खींचिये। इसके केन्द्र पर अभीष्ट अक्षांशों के कोण खींचियें। यदि प्रक्षेपान्तर १५° का है तो $\angle$ १५°, ३०°

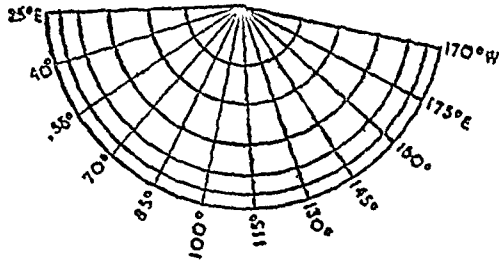
चित्र ५५

४५° आदि खींचने होंगे। दिए हुये चित्र में स्पर्श रेखा-तल ग्लोब को उत्तरी ध्रुव N पर स्पर्श करता है। ग्लोब के a, b, c, d, e, तथा f विन्दुओं का प्रतिबिम्ब A, B, C, D, E तथा F पर पड़ता है। अनन्त दूरी से आती हुई प्रकाश रेखाओं द्वारा निर्मित प्रक्षेपान्तर NA, AB, BC, CD, DE, तथा, EF और अक्षांस-वृत्तों के अर्धव्यास NA, NB, NC, ND, NE तथा NF हैं। किसी विन्दु O को केन्द्र मानकर इन अर्धव्यास की दूरियों की सहायता से अन्यान्य अक्षांस-वृत्तों को खींचिये। देशान्तरों को चाँदे की सहायता से नियत किया जा सकता है।

Mathematical Construction :—इस प्रक्षेप के लिये अक्षांस वृत्तों के अर्धव्यासों की दूरियाँ निश्चित करने की ही समस्या है। चित्र में aCQ अक्षांस-वृत्त का अर्धव्यास NA है। NA = aP। अब Δ aPC में।

$$aP = aC \sin aCP$$
$$\therefore aP = aC \sin (90^\circ - aCQ)$$
$$= R \sin \text{co-lat, or } R \cos\text{-lat.}$$

अत: किसी भी अक्षांस वृत्त का अर्धव्यास R cos lat. सूत्र से ज्ञात किया जा सकता है।

उदाहरण :—मापक १/२५०,०००,००० पर एशिया महाद्वीप के लिये एक अनन्त्य ध्रुवीय शीर्षक प्रक्षेप (Orthographic Polar Zenithal Projection की रचना कीजिये जब कि प्रक्षेपान्तर १५° हो।

चित्र ५६

चूँकि मापक १/२५०,०००,००० है, अत: R = १"

७५वीं अक्षांश का अर्धव्यास	= R cos ७५°	= ·२६"
६०वीं ,, ,, ,,	= R cos ६०°	= ·५"
४५वीं ,, ,, ,,	= R cos ४५°	= ·७१"
३०वीं ,, ,, ,,	= R cos ३०°	= ·८७"
१५वीं ,, ,, ,,	= R cos १५°	= ·९७"
०वीं ,, ,, ,,	= R cos ०°	= १·०"

इन अर्धव्यासों की सहायता से अक्षांस-वृत्त खींचिये तथा २५° पू० दे० से १७०° पू० दे० को चाँदे द्वारा नियत कीजिये।

विशेषताएँ

(१) इस प्रक्षेप के सभी अक्षांश समकेन्द्रित वृत्त होते हैं।

(२) अक्षांश-वृत्तों की बीच की दूरियाँ समान नहीं होती हैं, अपितु जैसे जैसे केन्द्र से हटते जाते हैं ये दूरियाँ घटती जाती हैं।

(३) देशान्तर रेखाएँ केन्द्र से किरणवत् बिखरी रहती है।

(४) अक्षांश रेखाओं पर मापक शुद्ध होता है जिससे अक्षांश वृत्तों पर दूरियाँ शुद्ध होती हैं। परन्तु देशान्तर रेखाओं पर मापक शुद्ध नहीं होता है जिससे उन पर दूरियाँ भी अशुद्ध होती हैं।

(५) केन्द्र से दूरस्थ क्षेत्रों की दूरियाँ शुद्ध नहीं होती हैं। वे वास्तविक दूरियों से कम होती हैं।

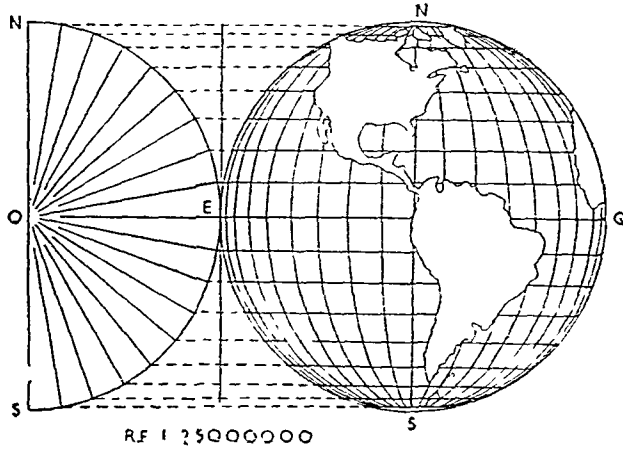
(६) देशान्तरों पर मापक के घटने के कारण ही इस प्रक्षेप पर देशों के आकार तथा क्षेत्र विकृत हो जाते हैं, विशेष रूप से किनारों की ओर। इस कारण से यह प्रक्षेप न तो शुद्ध आकार-प्रक्षेप है और न शुद्ध क्षेत्र-प्रक्षेप।

(७) अन्य शीर्षक प्रक्षेपों की भाँति इस प्रक्षेप पर भी केन्द्र से सभी विन्दुओं की दिशाएँ शुद्ध होती हैं।

उपयोग

यह प्रक्षेप विस्तृत क्षेत्रों जैसे गोलार्द्धों के मानचित्रों के लिए अनुपयुक्त है क्योंकि इस पर क्षेत्र तथा आकृति दोनों ही विकृत हो जाती हैं। परन्तु छोटे क्षेत्रों के लिए जो केन्द्र ध्रुव से दूरस्थ न हों तो यह प्रक्षेप अन्य शीर्षक प्रक्षेपों की भाँति ही उपयोगी है। चूँकि इस प्रक्षेप में प्रकाश अनन्त्य दूरी पर रक्खा हुआ मान लिया जाता है, अतः यह प्रक्षेप ज्योतिष शास्त्र के विद्यार्थियों के लिये विशेप रूप से महत्वपूर्ण है।

(ब) भूमध्यरेखीय अनन्त्य शिरच्छेदीय प्रक्षेप
(Orthographic Equatorial Zenithal Projection)

Graphical Construction :—ऐसी दो सरल रेखाएँ लीजिये जो एक दूसरे को समकोण पर काटती हों। ये भूमध्यरेखीय तथा ध्रुवीय अक्षरेखाएँ हैं इनके प्रक्षेपान्तर ध्रुवीय अनन्त्य प्रक्षेप की भाँति ही ज्ञात किए जा सकते हैं। अब ध्रुवीय अक्षरेखा पर प्रक्षेपान्तर दूरियों को अंकित कीजिए तथा संगति विन्दुओं से होती हुई भूमध्यरेखीय अक्षांस के समानान्तर अक्षांस रेखायें खींचिए। इन अक्षांस रेखाओं पर भी प्रक्षेपान्तर दूरियों को अंकित कीजिए। दोनों ध्रुवों तथा देशान्तरों के संगति विन्दुओं से होती हुई ellipse खींचिये।

चित्र ५७

उपरोक्त चित्र में भूमध्यरेखीय अनन्त्य शीर्षक प्रक्षेप (Orthographic Equatorial Zenithal Projection) की निर्माण विधि दिखलाई गई है। दोनों अक्षरेखाओं की प्रक्षेपान्तर दूरियों ठीक ध्रुवीय अनन्त्य प्रक्षेप जैसे ही हैं।

सम-दूरी शीर्षक प्रक्षेप
(Zenithal Equi-distant Projection)

रचना विधि

यह एक अप्रंतिविम्व शीर्षक प्रक्षेप है जिसकी रचना गणित पर आधारित है। इस पर अक्षांस वृत्तों के बीच की दूरी समान रहती है जिससे केन्द्र से दूरस्थ विन्दुओं की दूरी समान रहती है। इसकी रचना के लिये किसी देशान्तर पर अन्यान्य अक्षांस वृत्तों की दूरी नियत करने की ही समस्या रहती है जो सरलता पूर्वक निम्नांकित सूत्र से ज्ञात की जा सकती है :—

$$२\pi R \times \frac{\text{प्रक्षेपान्तर}}{३६०}$$

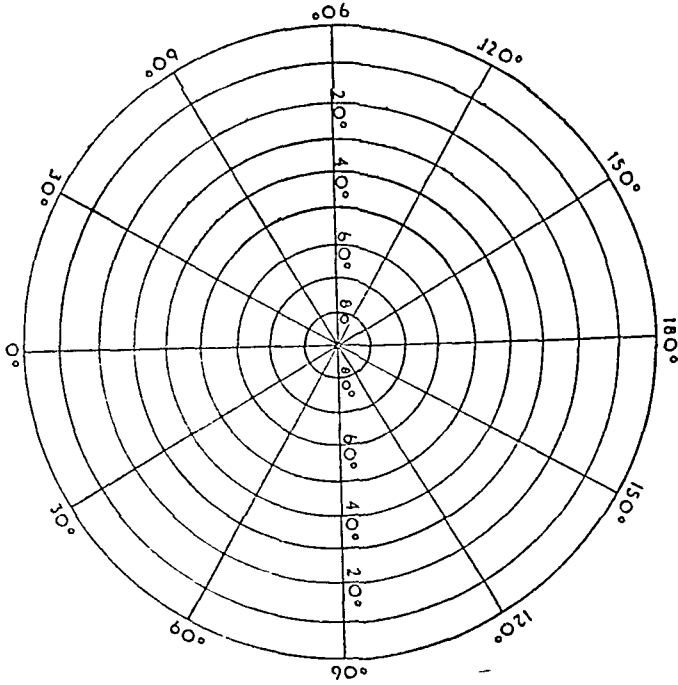
अब कोई सरल रेखा खींचिए और उस पर O विन्दु से अन्यान्य अक्षांस वृत्तों के प्रक्षेपान्तर अंकित कीजिए तथा संगति विन्दुओं से गुजरते हुए समकेन्द्रिक वृत्त खींचिए। देशान्तर खींचने के लिए चाँदे की सहायता से सरल रेखाएँ खींचिए जो केन्द्र से किरणवत फैली हुई लगेगी।

उदाहरण:—मापक १/२००,०००,००० पर १०° के प्रक्षेपान्तर से उत्तरी गोलार्द्ध के लिए एक समदूरी शीर्षक प्रक्षेप खींचिए।

चूँकि मापक = १/२००,०००,०००

अतः पृथ्वी का अर्धव्यास $R = \frac{२५०,०००,०००}{२००,०००,०००} = १\cdot२५''$

१०° की प्रक्षेपान्तर दूरी $= \frac{२\pi R \times १०}{३६०}$

$= \frac{२ \times ३\cdot१४१६ \times १\cdot२५ \times १०}{३६०} = ०\cdot१७''$

चित्र ५८

अब एक लम्बवत् रेखा खीचिए तथा उस पर ०·१७″ की प्रक्षेपान्तर दूरियाँ काटिए। चूँकि एक गोलार्द्ध ही बनाना है, अतः प्रक्षेपान्तरों की संख्या $\frac{९०}{१०} = ९$ ही होगी। अब ० को केन्द्र मान कर समकेन्द्रिक वृत्त खींचिए। ३०″ के अन्तर पर देशान्तर रेखायें खींची जा सकती हैं। (देखिये चित्र ५८)

विशेषताएँ

(१) ध्रुव प्रक्षेप का केन्द्र होता है।

(२) अक्षांस रेखाएँ समकेन्द्रिक वृत्त होती है।

(३) अक्षांस वृत्तों के बीच की दूरी समान होती है।

(४) देशान्तर रेखाएँ सरल रेखाएँ होती हैं।

(५) प्रक्षेप के केन्द्र से अन्य विन्दुओं की दिशा तथा दूरी सही होती है। इसका कारण यह है कि देशान्तरों के सहारे दूरियाँ ठीक-ठीक दिखाई जाती है।

(६) परन्तु अक्षांस वृत्तों के सहारे दूरियाँ ठीक नहीं दिखाई जाती हैं तथा केन्द्र से दूर हटने पर अशुद्धियाँ बढ़ती जाती हैं। इसी कारण से इस प्रक्षेप पर क्षेत्रफल शुद्ध नहीं दिखाया जाता है तथा आकार भी विकृत हो जाता है।

उपयोग

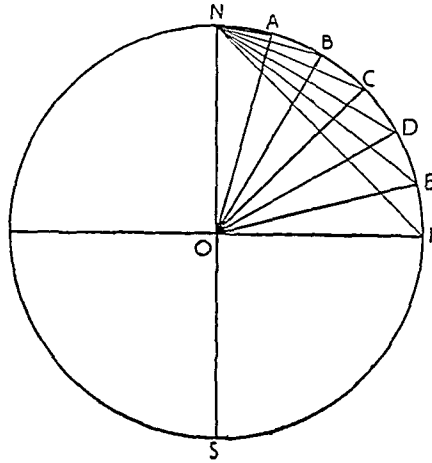
यह प्रक्षेप ध्रुवों के निकटवर्तीय क्षेत्रों के लिए बहुत उपयोगी है परन्तु कभी कभी गोलार्द्ध दिखाने के काम भी आता है। चूँकि केन्द्र से दूरस्थ क्षेत्रों में अक्षांस भाग के बढ़ने के कारण अशुद्धि आ जाती है, अतः इस प्रक्षेप पर बने हुए गोलार्द्ध में भूमध्यरेखीय क्षेत्र बहुत ही अशुद्ध हो जाते हैं। यह अधिकांशतः ध्रुववर्तीय क्षेत्रों (९०° से ५०°) के लिए ही वांछनीय कहा जा सकता है।

सम-क्षेत्र शीर्षक प्रक्षेप

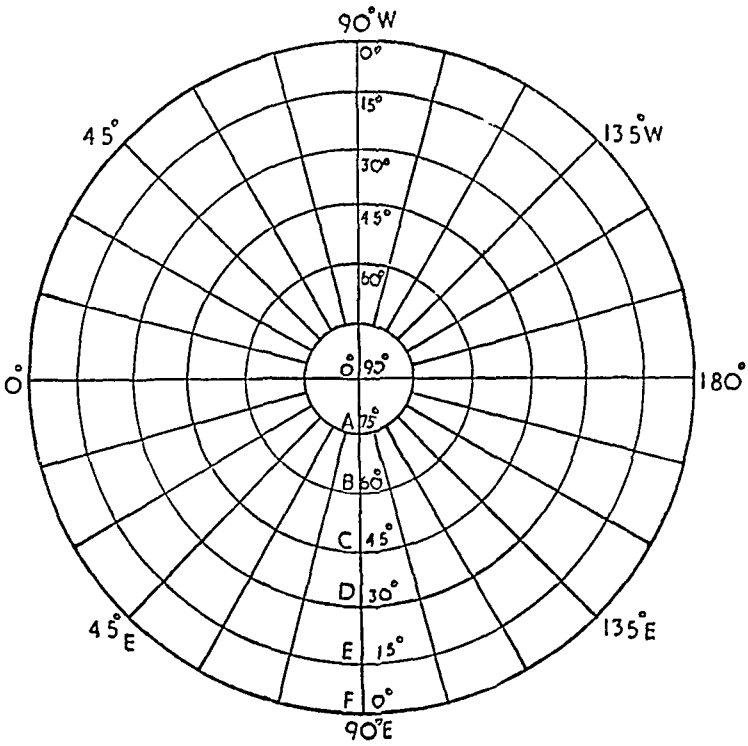
इस प्रक्षेप का दूसरा नाम लम्बर्ट का सम-क्षत्र प्रक्षेप (Lambert's Equal area or Lambert's Azimuthal Equivalent Projection) है। सन् १७७२ ई० में जे० एच० लैमबर्ट महोदय ने इसकी रचना की थी। यह एक बहुत वपयोगी प्रक्षेप है जो सुगमतापूर्वक गोलार्द्धों के मानचित्रों के लिए प्रयुक्त हो सकता है। इसकी रचना विधि भी काफी सरल है।

रचना विधि

Graphical construction :—दिए हुए माप के अनुसार एक वृत्त खीचिए तथा उसकी परिधि पर अभीष्ट अक्षांस विन्दु अंकित कीजिए। इन विन्दुओं को ध्रुव से मिला दीजिए। ये ही अन्यान्य अक्षांशों के अर्द्धव्यास हैं। एक विन्दु O को केन्द्र मानकर इन अर्धव्यासों की सहायता से समकेन्द्रिक वृत्त खींचिए। देशान्तरों को चाँदे की सहायता से दिए हुए प्रक्षेपान्तर के अनुसार नियत कर दीजिए।

उदाहरण—उत्तरी गोलार्द्ध के लिए एक ऐसा सम-क्षेत्र-शीर्षक प्रक्षेप (Zenithal Equal Area Projection) खींचिए जिसका मापक १/२००,०००,००० तथा प्रक्षेपान्तर १५° हो।

चित्र ५९

पृथ्वी का अर्धव्यास (R) $= \frac{२५०,०००,०००}{२००,०००,०००} = १\cdot२५''$

१·२५" का अर्धव्यास लेकर एक वृत्त खींचिये। उसके केन्द्र पर ०°, १५°, ३०°, ४५°, ६०°, ७५° तथा ९०° के कोण बनाइए। इन कोणों को बनाने वाले अर्धव्यास परिधि पर क्रमशः F, E, D, C, B, तथा N विन्दुओं पर मिलते हैं। अतः अन्यान्य अक्षांस वृत्तों के अर्धव्यास क्रमशः NF, NE, ND, NC, NB, NA होंगे। O विन्दु को केन्द्र मान कर इन अर्धव्यासों की सहायता से केन्द्र पर १५° के प्रक्षेपान्तर पर देशान्तर रेखाएँ खींचिए।

चित्र ६०

Mathematical Construction:—इस प्रक्षेप की रचना के लिए अक्षांश वृत्तों के अर्धव्यास नियत करने की ही समस्या है। यदि कोई वृत्त जिसका अर्धव्यास r के बराबर है तो उसका क्षेत्रफल πr^2 होगा। अब इस वृत्त के क्षेत्रफल के ग्लोब के संगति क्षेत्रफल के बराबर करना है। ग्लोब पर संगति क्षेत्रफल २ π R h के बराबर है जब कि h=R−R sin lat.

अतएव $\pi r^2 =$ २ π R (R − R sin lat.)

$$r = \sqrt{२R^2 (१ - \sin lat.)}$$
$$= R\sqrt{२[१ - \cos (९० - lat.)]}$$
$$= R\sqrt{२(१ - \cos co - lat.)}$$
$$= R \sqrt{२ \times २ \sin^2 \frac{co - lat.}{२}}$$
$$r = २ R \sin \frac{co - lat.}{२}$$

उपरोक्त उदाहरण के लिए निम्नलिखित गणना होगी :—

७५° वीं अक्षांश का r अथवा NA = २ R Sin $\frac{co\text{-}lat.}{२}$

$$२ \times १\cdot२५ \times \sin \frac{१५}{२} = २ \times १\cdot२५ \times \cdot१३०५$$
$$= \cdot३३''$$

६०°वीं अक्षाँस का r अथवा NB = २ R Sin $\frac{३०}{२}$

= २ × १·२५ × ·२५८८

= ·६४"

४५°वीं अक्षांन का r अथवा NC = २ R Sin $\frac{४५}{२}$

= २ × १·२५ × ·३८२७

= ·९५"

३०°वीं अक्षांश का r अथवा ND = २ R Sin $\frac{६०}{२}$

= २ × १·२५ × ·५

= १·२५"

१५°वीं अक्षांस का अथवा r NE = २ × १·२५ × Sin $\frac{७५}{२}$

= २ × १·२५ × ·६०८८

= १·५१"

०°वीं अक्षांश का r अथवा NF = २ × १·२२ × ·७०७

= १·७७"

इन अर्धव्यासों की सहायता से अक्षांशों के लिए समकेन्द्रिक वृत्त खींचिए तथा देशान्तरों को पूर्ववत् नियत कीजिए।

विशेषताएँ

(१) इस प्रक्षेप पर अक्षांश रेखाएँ समकेन्द्रित वत्तों द्वारा प्रदर्शित की जाती हैं।

(२) देशान्तर रेखाएँ सरल रेखाओं द्वारा प्रद्रशित की जाती है तथा वह केन्द्र से किरणवत् फैली होती हैं।

(३) अक्षांस वृत्तों के बीच की दूरी समान नहीं होती है अपितु केन्द्र से दूर हटने पर दूरी कम होती जाती है।

(४) परन्तु केन्द्र से दूर हटने पर अक्षांश वृत्तों के मापक में वृद्धि होती जाती है।

(५) देशान्तर मापक की न्यूनता तथा अक्षांश-मापक की समानुपातिक वृद्धि के फलस्वारूप इस प्रक्षेप पर क्षेत्रफल शुद्ध होता है। इसलिए शुद्ध क्षेत्रफल प्रक्षेप कहते हैं।

(६) केन्द्र से दूरस्थ क्षेत्रों का आकार भी विकृत हो जाता है।

प्रयोग :—यह प्रक्षेप वहुत उपयोगी है। यह ध्रुवर्तीयतक्षेत्रों के लिये अत्यन्त उपयुक्त है तथा गोलार्द्धों के मानचिचों के लिये भी प्रयोग में लाया जाता है। यह पृथक्-पृथक् देशों से मानचित्रों के लिये भी प्रयोग किया जा सकता है।

ध्रुवीय शीर्ष-प्रक्षेपों की तुलना

सभी ध्रुवीय शीर्ष प्रक्षेपों में अक्षांस रेख.एँ सम केन्द्रिक वृत्तों तथा देशान्तर रेखाएँ सरल रेख.ओं द्वारा प्रदर्शित की जाती है। देशान्तर रेखाएँ केन्द्र से किरणवत फैली होती हैं। सभी ध्रुवीय प्रक्षेपों मे दिशा शुद्ध होती है परन्तु क्षेत्रफल केवल समक्षेत्र शीर्ष प्रक्षेप (Equal area Zenithal Projection) तथा आकार केवल स्टीरियोग्रेफिक ध्रवीय प्रक्षेप में शुद्ध होता है।

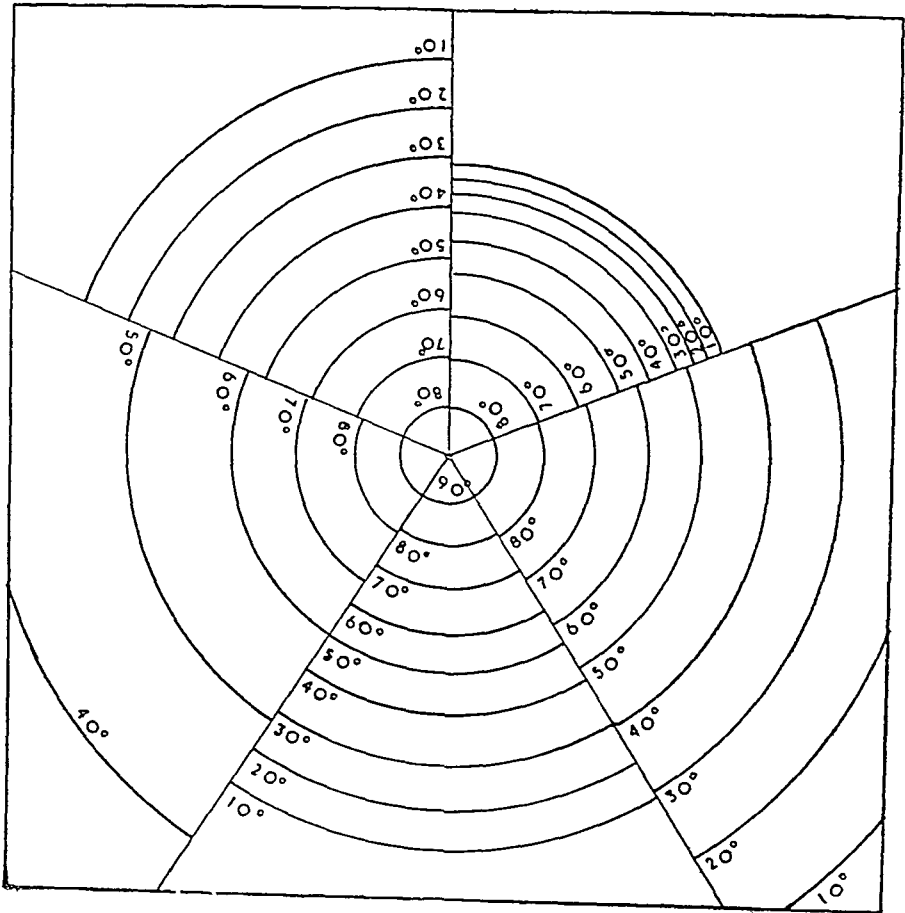
इनको विभिन्नता अक्षांस-वृत्तों की संरचना मे निहित होती है। अनन्त्य ध्रुवीय प्रक्षेप मे केन्द्र से दूर हटने पर प्रक्षेपान्तर दूरी घटती जाती है। केन्द्रीय प्रक्षेप (Gnomonic projection) तथा स्टीरियोग्रैफिक प्रक्षेप (Stereographic Projection) में केन्द्र से दूर हटने पर प्रक्षेपान्तर दूरी बढ़ती जाती है तथा समदूरी प्रक्षेप (Equidistant Projection) में प्रक्षेपान्तर दूरी समान रहती है। चित्र ६१ से भलीभाँति स्पष्ट हो जायेगा।

बाईं ओर ऊपर—समदूरी शीर्ष-प्रक्षेप

दाईं ओर (ऊपर)—अनन्त्य प्रक्षेप

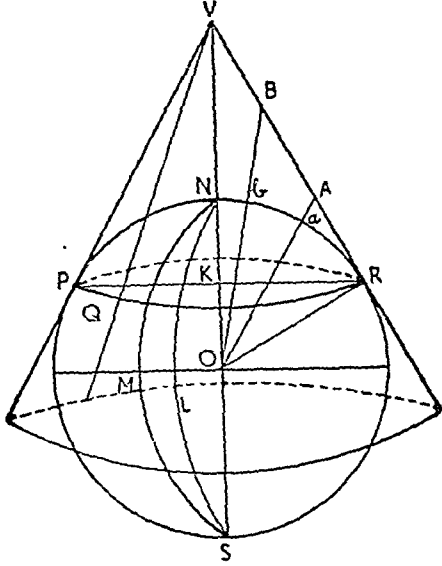
बाईं ओर (मध्य)—केन्द्रीय प्रक्षेप

नीचे मध्य—सम-क्षेत्र-शीर्ष-प्रक्षेप

दाईं ओर (मध्य)—स्टीरियोग्रैफिक प्रक्षेप

चित्र ६१

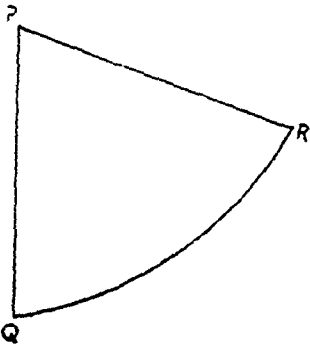
खण्ड ३

शंकु प्रक्षेप (Conical Projection)

शंकु प्रक्षेप बहुत लोक प्रिय हैं। इनकी रचना के लिए यह कल्पना करनी पड़ती है कि एक शंकु (Cone) एक ग्लोब के ऊपर रख दिया जाता है। यह शंकु ग्लोब को कहीं भी स्पर्श कर सकता है। परन्तु इस पुस्तक में उन्हीं अवस्थाओं पर विचार किया गया है जिनमें शंकु ग्लोब को किसी अक्षांस रेखा के सहारे स्पर्श करता है। ऐसी दशा में शंकु तथा ग्लोब की अक्ष रेखाएँ अनुरूप होंगी। यदि प्रकाश ग्लोब के केन्द्र पर हो तो अक्षांश तथा देशान्तर रेखाओं की छाया शंकु के वक्र पृष्ठ (Curved Surface) पर पड़ेगी। यह स्पष्ट है कि वह अक्षांश रेखा जिसके सहारे शंकु (Cone) ग्लोब को स्पर्श करता है शंकु के धरातल पर सही सही उत्तर जावेगी। चित्र ६२ में PQR एक स्पर्श वृत्त (Circle of tangency) है जो प्रक्षेप पर सही सही उत्तर जाता है। इस अक्षांश-वृत्त को प्रमाणिक अक्षांश (Standard Parallel) कहेंगे।

चित्र ६२

अतः प्रमाणिक अक्षांश ही ऐसा आदर्श वृत्त होता है जो प्रक्षेप पर शुद्ध प्रदर्शित किया जाता है। ग्लोब के अन्य विन्दुओं की छाया शंकु के A तथा B विन्दुओं पर पड़ती है। जब इस शंकु को एक चौरस धरातल में परिणत किया जायेगा तो शंकु प्रक्षेप प्राप्त हो जायेगा। यह एक प्रतिविम्ब प्रक्षेप (Perspective projection) होगा। ये प्रतिविम्ब प्रक्षेप (Perspective Projection) विशेष उपयोगी नहीं होते हैं। अतः गणित की सहायता से इन प्रक्षेपों को संशोधित कर लिया जाता है। अतः शंकु प्रक्षेप (Conical Projection) गणित प्रक्षेपों के भेद-प्रभेद ही हैं।

शंकु का अचल मान
(Constant of Cone)

यह स्पष्ट है कि उत्तरी ध्रुव की छाया शंकु के शीर्ष V पर पड़ती है। इसी प्रकार देशान्तरीय पेटी NKSL की छाया शंकु की PVQ पेटी पर पड़ेगी जिससे उत्तरी ध्रुव के ∠MNL की छाया ∠PVQ में परिणत हो जायेंगी। इसी प्रकार अन्य पेटियों की छाया प्रक्षेपित होगी। अतः उत्तरी ध्रुव पर बने हुये सम्पूर्ण की छाया शंकु के शीर्ष कोण के बराबर होगी। अब शंकु प्रशस्त किया जाये तो उसका शीर्ष कोण एक वृत्त कला (Sector) के कोण के बराबर होगा।

चित्र ६३

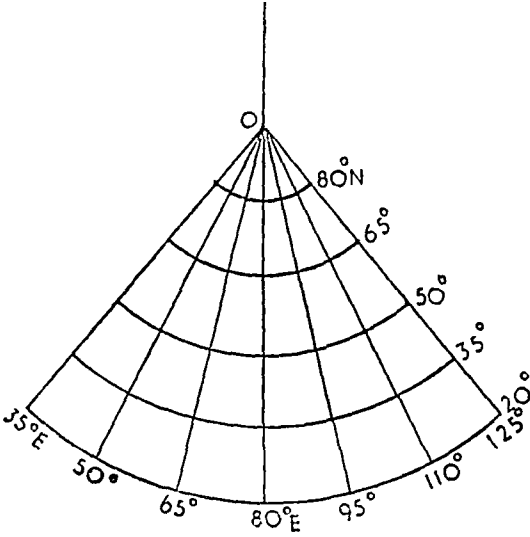
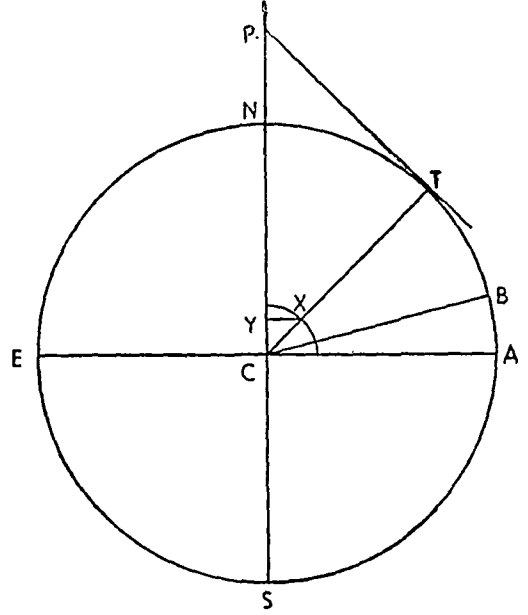
जैसा कि चित्र ६३ में दिखाया गया है कि शंकु PQR वृत्त-कला (Sector) में तथा शीर्ष कोण समतल कोण PQR में परिवर्तित हो जाता है। उत्तरी ध्रुव पर बने हुये सम्पूर्ण कोण का मान सदैव ३६०° के बराबर होता है। शंकु का अचल मान (Constant of Cone) शंकु के वृत्त कला (Sector) के कोण तथा ध्रुव पर बने हुये ३६०° के कोण का अनुपात (Ratio) होता है। चूँकि शंकु-कला वृत्त कोण सदैव ३६०° से कम होता हैं अतः शंकु का अचल मान सदैव इकाई (Unity) से कम होता है।

एक प्रमाणिक अक्षांश वाला साधारण शंकु प्रक्षेप
(Simple Conical Projection with one Standard Parallel)

इस प्रक्षेप में केवल एक ही प्रमाणिक अक्षांश रेखा होती है जो सही-सही खींची जाती है। शेष अक्षांश वृत्त इस प्रमाणिक वृत्त के समानान्तर केन्द्रीय मध्याह्न रेखा पर समान दूरी पर खींचे जाते हैं तथा इन सभी वृत्तों का केन्द्र एक ही होता है। प्रमाणिक अक्षांश के सहारे प्रक्षेपान्तर की दूरी नियत की जाती और इन विन्दुओं को केन्द्र से सरल रेखाओं द्वारा मिलाकर देशान्तर रेखाएँ प्राप्त की जाती है।

रचना विधि

Graphical Construction :—दिए हुए मापक के अनुसार पृथ्वी का अर्धव्यास ज्ञात कीजिए।

इस अर्धव्यास से पृथ्वी के गोले को प्रदर्शित करने के लिए एक वृत्त खींचिए। चाँदे की सहायता से वृत्त पर दो कोण खींचिए। एक प्रामाणिक अक्षांश के लिए तथा दूसरा प्रक्षेपान्तर के लिए।

चित्र ६४ चित्र ६५

उपरोक्त चित्र में कोण ABC प्रक्षेपान्तर तथा कोण ACT प्रामाणिक अक्षांश को प्रदर्शित करते हैं। विन्दु T से TP स्पर्श-रेखा खींचिए जो पृथ्वी की बढ़ाई हुई अक्ष (axis) से P विन्दु पर मिलती है। अतः PT प्रामाणिक अक्षांश-वृत्त का अर्धव्यास है। AB केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा के सहारे प्रक्षेपान्तर की दूरी है। प्रामाणिक अक्षांश वृत्त के सहारे प्रक्षेपान्तर की दूरी ज्ञात करने के लिए AB के बराबर अर्धव्यास लेकर केन्द्र C से एक वृत्त अथवा अर्धवृत्त खींचिए जो CT को X विन्दु पर काटता है। X से CP पर XY लम्ब खींचिए। अतः XY प्रामाणिक अक्षांश-वृत्त के सहारे प्रक्षेपान्तर की दूरी है।

अब प्रक्षेप खींचने के लिए उपरोक्त विवरण के अनुसार एक खड़ी सरल रेखा खींचिए तथा कोई विन्दु O को केन्द्र मानकर PT के बराबर अर्धव्यास लेकर एक वृत्त-खण्ड (arc) खींचिए जो प्रामाणिक अक्षांश होगा। खड़ी सरल रेखा स्वयं केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा है। इन दोनों के मिलन-विन्दु से केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा के सहारे XY के बराबर प्रक्षेपान्तर नियत कीजिए और इन विन्दुओं को विन्दु O से सरल रेखाओं द्वारा मिला दीजिए। अब एक प्रामणिक अक्षांश वाला शंकु प्रक्षेप बन जावेगा।

Mathematical Construction :—यह विधि उपरोक्त विधि के ही समान है। अन्तर केवल इतना ही है कि यहाँ गणित की सहायता से उपरोक्त विधि की अशुद्धियों को दूर कर देते हैं। केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा पर प्रक्षेपान्तर दूरी AB वृत्त-खण्ड (arc) के बराबर है। परन्तु उपरोक्त विधि में उसे AB के बराबर नापते हैं। यही XY के लिए भी सत्य ठहरता है क्योंकि वह भी प्रामाणिक अक्षांश-वृत्त पर वृत्त-खंड दूरी को नहीं नापता है।

अब चूँकि सम्पूर्ण देशान्तर की ३६०° की लम्बाई $= २\pi R$

$\therefore$,, १° ,, $= \frac{२\pi R}{३६०}$

$\therefore$,, १५° ,, $= \frac{२\pi R \times १५°}{३६०°}$

अतएव केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा के सहारे प्रक्षेपान्तर दूरी ज्ञात करने का सूत्र $२\pi R \times \frac{\text{प्रक्षेपान्तर}}{३६०}$ है।

चूँकि प्रामाणिक अक्षांश रेखा की लम्बाई $२\pi R$ cos lat. है।

अतः प्रामाणिक अक्षांश रेखा के सहारे प्रक्षेपान्तर की दूरी

$$= २\pi R \cos lat. \times \frac{\text{प्रक्षेपान्तर}}{३६०}$$

फिर $\angle TCA$ = अक्षांश (lat.)

$\therefore$ $\angle PCT$ = ९०° − अक्षांश (lat.)

$\therefore$ $\angle CPT$ = अक्षांश (lat.) (क्योंकि $\triangle$ PCT एक समकोण त्रिभुज है)

अब समकोण $\triangle$ PCT में

$$\frac{PT}{CT} = \cot \angle CPT$$

or $$\frac{PT}{R} = \cot. lat.$$

$\therefore$ $$PT = R \cot lat.$$

$\therefore$ प्रामाणिक अक्षांश वृत्त का अर्धव्यास

$$= R \cot lat.$$

अब इन सूत्रों के अनुसार गणना करके प्रक्षेप की रचना की जा सकती है।

उदाहरण :—एक प्रामाणिक अक्षांश रेखा वाला साधारण शंकु-प्रक्षेप खींचिए जिसका मापक १:२५०,०००,०००, प्रामाणिक अक्षांश रेखा ५०° उ० अ० तथा प्रक्षेपान्तर १५° हो।

$$R = \frac{२५०,०००,०००}{२५०,०००,०००} = १''$$

केन्द्रीय मध्यान्ह-रेखा पर प्रक्षेपान्तर की दूरी $= २\pi R \times \frac{१५}{३६०}$

$$= \frac{२ \times ३\cdot१४१६ \times १ \times १५}{३६०} = \cdot२६१८''$$

प्रामाणिक अक्षांश रेखा पर प्रक्षेपान्तर दूरी $= २\pi R. \frac{१५}{३६०} \cos ५०$

$$= \frac{२ \times ३\cdot१४१६ \times १ \times १५ \times \cdot६४}{३६०}$$

$$= \cdot१७''$$

प्रामाणिक अक्षांश-वृत्त का अर्धव्यास $= R \cot ५०$

$$= १ \times \cdot८३ = \cdot८३ = \cdot८३''$$

इन मापों द्वारा प्रक्षेप की रचना कीजिए। (चित्र ६५ देखिए)

विशेषताएँ

(१) अक्षांश रेखायें समकेन्द्रित वृत्त (Concentric circles) होती हैं।

(२) देशान्तर सरल रेखाओं द्वारा प्रदर्शित किये जाते हैं। वास्तव में ये देशान्तर रेखाये समकेन्द्रिक वृत्तों के अर्धव्यास ही हैं।

(३) मापक केवल प्रामाणिक अक्षांश वृत्त के सहारे शुद्ध होता है अर्थात दूरी केवल इसी अक्षांश-वृत्त के सहारे शुद्ध होती है।

(४) रचना विधि के अनुसार मापक केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा (Central Meridian) के सहारे शुद्ध होता है। चूँकि सभी देशान्तर रेखायें समकेन्द्रिक वृत्तों की अर्धव्यास होती हैं अतः सभी देशान्तर रेखाओं के सहारे मापक शुद्ध होता है।

(५) ध्रुव एक निश्चित दूरी की रेखा द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। अतः वह वृत्त-खण्डों के समकेन्द्र से भिन्न होता है।

(६) क्षेत्रफल केवल प्रामाणिक अक्षांश वृत्त के सहारे दोनों ओर एक पतली पेटी में शुद्ध होता है तथा प्रामाणिक अक्षांश वृत्त से उत्तर अथवा दक्षिण हटने पर क्षेत्रफल अशुद्ध हो जाता है। कारण यह है कि मापक उत्तर दक्षिण में तो शुद्ध होता है किन्तु पूरब-पश्चिम में नहीं। इन्हीं त्रुटियों के कारण इस प्रक्षेप को शुद्ध क्षेत्र प्रक्षेप (Equal area Projection) नहीं कह सकते हैं।

(७) इसे शुद्ध आकार प्रक्षेप भी नहीं कहा जा सकता क्योंकि इसमें माप-अनुपात स्थानान्तर परिवर्तित होता रहता है।

उपयोग

इस प्रक्षेप का प्रयोग केवल ऐसे देशों अथवा प्रदेशों के लिये होता है जिनका उत्तर-दक्षिण विस्तार कम हो। कारण स्पष्ट है कि प्रक्षेप पर क्षेत्रफल केवल प्रामाणिक अक्षांश-वृत्त के सहारे पतली पेटी में ही शुद्ध होता है। छोटे-छोटे देशों जैसे डेनमार्क, पोलैंड तथा इंगलैंड के लिये यह प्रक्षेप बहुत उपयोगी है।

दो प्रमाणिक अक्षांशों वाला शंकु प्रक्षेप

(Conical Projection with two Standard Parallels)

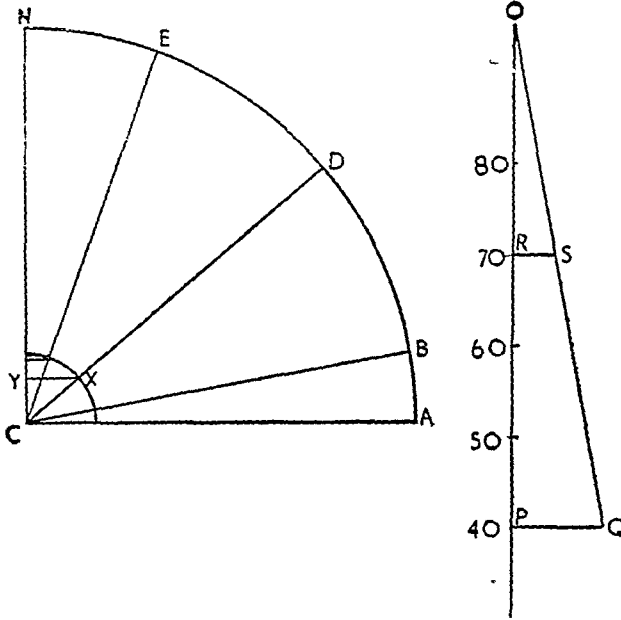
साधारण शंकु प्रक्षेप में केवल एक ही प्रामाणिक अक्षांश रेखा होती है जिसके कारण विस्तृत क्षेत्र को शुद्धता पूर्वक नहीं प्रदर्शित किया जा सकता है। यदि प्रमाणिक अक्षांश एक के स्थान पर दो हो जावें तो उत्तर-दक्षिण प्रशस्त दूरी अधिक शुद्ध रूप से प्रदर्शित की जा सकती है। परन्तु ग्लोब को शंकु केवल एक वृत्त पर ही स्पर्श कर सकता है, दो पर नहीं। अतः दो प्रामाणिक अक्षांशों के लिये यह कल्पना करनी पड़ती है कि शंकु ग्लोब को दो अक्षांश-वृत्तों पर स्पर्श करता है, क्षेत्रफल इन दोनों प्रामाणिक अक्षांशों के सहारे ही शुद्ध होगा, परन्तु इनसे दूर हटने पर क्षेत्रफल अशुद्ध हो जावेगा। इसीलिए इन दोनों प्रामाणिक अक्षांशों का चुनाव बहुत सावधानी से करना चाहिये। वे इस प्रकार चुनने चाहिये कि प्रदर्शित किये जाने वाले क्षेत्र का लगभग २/३ भाग इन दोनों के बीच में रहे तथा १/६ भाग प्रत्येक प्रामाणिक अक्षांश के बाहर रहे। उदाहरणार्थ जापान के लिये दो प्रामाणिक अक्षांशों वाला प्रक्षेप खींचने के लिये जो ३०° उ० अ० ४५° तथा उ० अ० के बीच में स्थित है प्रामाणिक अक्षांश-वृत्त ३३° उ० अ० तथा ४२° उ० अ० होंगे, यदि प्रक्षेपान्तर ३° है। इस प्रकार $\frac{३}{५}$ भाग प्रामाणिक वृत्तों के बीच में रहेगा तथा $\frac{१}{५}$ बाहर रहेगा।

रचना विधि

Graphical Construction :—मान लीजिये कि हमें सोवियट रूस के लिये १०° के प्रक्षेपान्तर पर एक दो प्रमाणिक अक्षांशों वाला शंकु प्रक्षेप खींचना है। सोवियट रूस लगभग ३०° उ० अ० तथा ८०°

उ० अ० के बीच मे फैला हुआ है। इसमें दो प्रामाणिक अक्षांश इस प्रकार चुने जावेंगे कि उनके बीच में तीन प्रक्षेपान्तर हों तथा उनके बाहर एक-एक। यदि मापक १ : १२५,०००,००० हो, तो पृथ्वी का अर्धव्यास दो इंच का होगा। इस अर्धव्यास से एक वृत का चतुर्थ अथवा अर्ध भाग खींचिये तथा उसके केन्द्र पर तीन कोण १०° (प्रक्षेपान्तर), ४०° तथा ७०° (दोनों प्रामाणिक अक्षांश वृत्त) के बनाइये।

उपरोक्त चित्र मे AB केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा के सहारे प्रक्षेपान्तर की दूरी है। AB अर्धव्यास लेकर तथा C को केन्द्र मानकर वृत्त का चतुर्थ भाग खींचिये जो ४०° तथा ७०° के कोण बनाने वाली CD तथा CE रेखा के X तथा x विन्दुओं पर काटता है। पृथ्वी के अक्ष पर XY तथा xy लम्ब खींचिये तो XY तथा xy प्रामाणिक अक्षांशों पर प्रक्षेपान्तर की दूरियाँ होंगी।

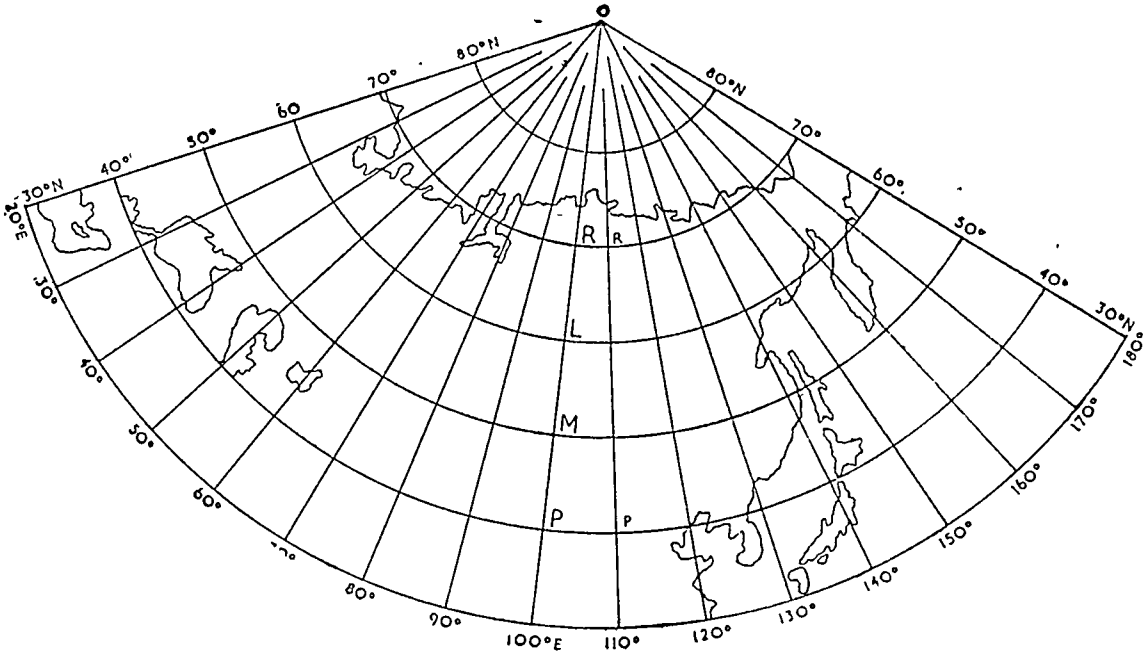
अब प्रामणिक अक्षांशों की त्रिज्या जानने के लिये एक खड़ी हुई सरल रेखा खींचिये जिसे केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा मान लीजिये। AB के बराबर प्रक्षेपान्तर की दूरियाँ नियत कीजिये तथा विभिन्न अक्षांशों की संख्या अंकित

चित्र ६६

कर दीजिये। अब ४०° तथा ७०° के सहारे XY तथा xy के बराबर PQ तथा RS दो लम्ब खींचिये। QS को मिलाकर बढ़ाइये जो खड़ी रेखाओं को O विन्दु पर काटती है। इस प्रकार OP तथा OR प्रामाणिक अक्षांश-वृत्तों के खींचने के लिए दो अर्धव्यास प्राप्त हो गए।

तत्पश्चात् एक खड़ी हुई सरल रेखा पर OP तथा OR अर्धव्यास लेकर वृत्त खंड खींचिये। AB के बराबर प्रक्षेपान्तर की दूरी खड़ी सरल रेखा के सहारे आवश्यकतानुसार नियत कीजिये। O को केन्द्र मानकर इन विन्दुओं से गुजरने वाले दूसरे वृत्त-खंड खींचिये। दोनों प्रामाणिक अक्षांश वृत्तों के सहारे XY तथा xy के बराबर प्रक्षेपान्तर की दूरियाँ नियत कीजिये (Pp, Rr आदि)। प्रामाणिक वृत्तों के सहारे नियत किये गये इन विन्दुओं को सरल रेखाओं द्वारा केन्द्र O से मिला दीजिये। ये देशान्तर रेखायें होंगी। (चित्र ६७ देखिये)

Mathematical Construction :—इस प्रक्षेप की रचना की मुख्य समस्या दोनों प्रामाणिक अक्षांश-वृत्तों के अर्धव्यास ज्ञात करना ही है।

केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा पर प्रक्षेपान्तर की दूरी $= २\pi R \frac{\text{प्रक्षेपान्तर}}{३६०}$

प्रामाणिक अक्षांश-वृत्तों पर ,, ,, $= २\pi R \cos lat. \frac{\text{प्रक्षेपान्तर}}{३६०}$

चित्र ६७

प्रामाणिक अक्षांश-वृत्तों के अर्धव्यास ज्ञात करने के लिए यह कल्पना कीजिये कि OP तथा OQ दो अर्धव्यास हैं तथा Xx और Yy दोनों प्रामाणिक अक्षांश-वृत्त (x° तथा y°) हैं। OX तथा Ox दो अन्य देशान्तर रेखायें हैं।

$$\text{अब}\ \frac{Xx}{Yy} = \frac{२\pi R\ \cos x}{२\pi R\ \cos y} = \frac{\cos x}{\cos y}$$

तथा त्रिभुजों की सादृश्यता से

$$\frac{OP}{OQ} = \frac{PX}{QY} = \frac{Xx}{Yy} = \frac{\cos x}{\cos y}$$ (क्योंकि समकेन्द्रिक वृत्तों के वृत्त-खंड अर्धव्यासों के ही अनुपात में होते हैं।)

$$\therefore \frac{OP}{OQ} = \frac{\cos x}{\cos y}$$

$$\therefore OP = OQ \frac{\cos x}{\cos y}$$

हम जानते हैं कि $OP = OQ + PQ$

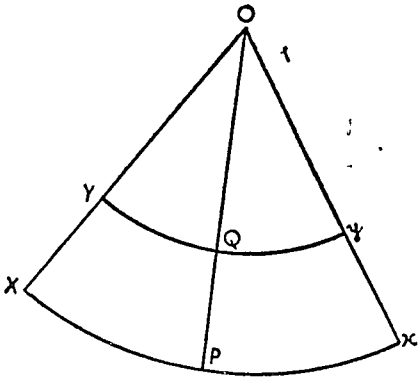
अथवा $OP = OQ + २\pi R\ \frac{y - x}{३६०}$

$$\therefore OQ \frac{\cos x}{\cos y} = OQ + २\pi R\ \frac{y - x}{३६०}$$

अथवा $OQ(\cos x - \cos y) = २\pi R \frac{y - x}{३६०} . \cos\ y$

अथवा $OQ = २\pi R\ \frac{y - x}{३६०} . \frac{\cos\ y}{\cos x - \cos y}$

इसी प्रकार $OP = २\pi R\ \frac{y - x}{३६०} . \frac{\cos\ x}{\cos x - \cos y}$

अथवा, $OP = OQ + २\pi R\ \frac{y - x}{३६०}$

चित्र ६८

इन सूत्रों की सहायता से अर्धव्यास ज्ञात हो जाने पर प्रक्षेप की रचना पूर्ववत् की जा सकती है।

उदाहरण :—सोवियट रूस के लिए एक दो प्रामाणिक अक्षांश वाला शंकु प्रक्षेप खींचिए जिसके प्रामाणिक अक्षांश ४०° तथा ७०° उ० अ० हों, जब कि प्रक्षेपान्तर १०° तथा मापक १ : १२५,०००, ००० है।

केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा पर प्रक्षेपान्तर दूरी $= २\pi R \frac{\text{प्रक्षेपान्तर}}{३६०}$

$$= २ \times ३\cdot१४१६ \times २ \times \frac{१०}{३६०} = \cdot३४९''$$

४० वीं अक्षांश वृत पर प्रक्षेपान्तर की दूरी

$$= २\pi R \cos ४०\cdot \frac{\text{प्रक्षेपान्तर}}{३६०}$$

$$= २ \times ३\cdot१४१६ \times २ \times \cdot७६६ \times \frac{१०}{३६०} = \cdot२६''$$

७० वीं अक्षांश वृत पर प्रक्षेपान्तर दूरी

$$= २\pi R \cos ७०\cdot \frac{\text{प्रक्षेपान्तर}}{३६०}$$

$$= २ \times ३\cdot१४१६ \times २ \times \cdot३४२ \times \frac{१०}{३६०} = \cdot११९''$$

७० वीं अक्षांश वृत्त का अर्धव्यास

$$= २\pi R \frac{y-x}{३६०} \times \frac{\cos y}{\cos x - \cos y}$$

$$= २ \times ३\cdot१४१६ \times २ \times \frac{७० - ४०}{३६०} \times \frac{\cdot३४२}{\cdot७६६ - \cdot३४२}$$

$$= \cdot८४४''$$

४०वीं अक्षांश वृत्त का अर्धव्यास $= \cdot८४४ + २\,R \frac{y-x}{३६०}$

$$= \cdot८४४ + २ \times ३\cdot१४१६ \times २ \times \frac{७० - ४०}{३६०}$$

$$= \cdot८४४ + २ \times ३\cdot१४१६ \times २ \times \frac{७० - ४०}{३६०}$$

$$= \cdot८४४ + १\cdot०४७ = १\cdot८९१''$$

इन मापों द्वारा प्रक्षेप की रचना की जा सकती है।

विशेषताएँ

(१) अक्षांश रेखायें समकेन्द्रिक वृत्तों (Concentric Circles) द्वारा प्रदर्शित की जाती हैं।

(२) अक्षांश रेखायें समान दूरी पर खींची जाती हैं।

(३) मापक केवल दो प्रामाणिक अक्षांशों के सहारे ही शुद्ध होता हैं।

(४) प्रामाणिक अक्षांश-वृत्तों के बीच में वास्तविक दूरी प्रक्षेप पर दिखाई हुई दूरी से कम होती है तथा उनके बाहर दिखलाई हुई वास्तविक दूरी से अधिक होती है।

(५) देशान्तर रेखायें सरल रेखायें होती हैं जो केन्द्र से किरणवत् फैली होती हैं।

(६) मापक केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा के सहारे शुद्ध होता है। चूँकि सभी देशान्तर रेखायें समकेन्द्रिक वृत्त खंडों के अर्धव्यास होती हैं, अतः मापक देशान्तरों के सहारे शुद्ध होता है।

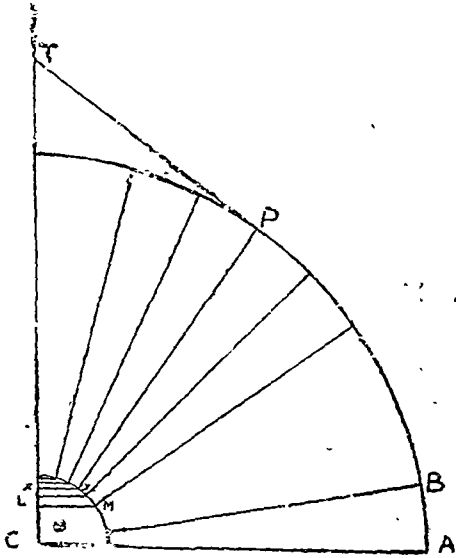
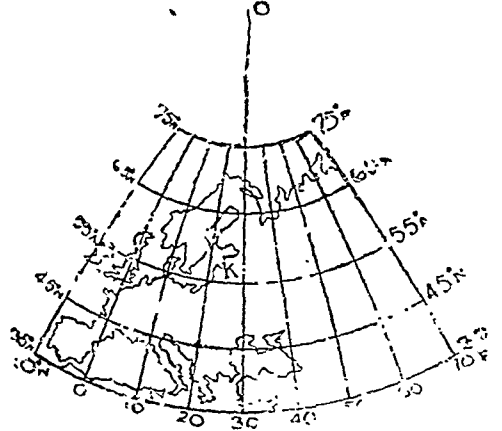
(७) ध्रुव एक निश्चित लम्बाई के वृत्त खंड द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। वृत्त खंडों का समकेन्द्र ध्रुव नहीं होता है।

(८) एक प्रामाणिक अक्षांश वाले शंकु प्रक्षेप की भाँति यह प्रक्षेप भी न तो शुद्ध-क्षेत्र-प्रक्षेप होता है और न शुद्ध आकार प्रक्षेप, परन्तु दो प्रामाणिक अक्षांशों के कारण क्षेत्र में शुद्धता आ जाती है।

उपयोग

समशीतोष्ण कटिबन्ध के पूरब तथा पश्चिम में फैले हुए देश-प्रदेशों के प्रदर्शन के लिए उत्तर-दक्षिण भी काफी प्रशस्त हों, यह प्रक्षेप बहुत उपयोगी है। इस पर रूस तथा कनाडा जैसे देशों को सुविधापूर्वक प्रदर्शित किया जा सकता है। ट्रान्स साइबेरिया रेलवे के लिये भी यह प्रक्षेप बहुत उपयुक्त है। एटलसों में यूरोप, एशिया तथा उत्तरी अमेरिका के मानचित्र भी इस प्रक्षेप पर खिंचे हुये मिलते हैं।

बोन प्रक्षेप
(Bonne's Projection)

इस प्रक्षेप के निर्माता रिग्रोबर्ट बोन (Rigrobert Bonne) नामक एक फ्रान्सीसी महोदय थे। यह एक संशोधित शंकु प्रक्षेप है। इसमें साधारण शंकु प्रक्षेप की भाँति क्षेत्र के मध्यवर्तीय अक्षांश वृत्त को प्रामाणिक अक्षांश वृत्त मान लेते हैं। दूसरे अक्षांश वृत्त प्रामाणिक वृत्त के केन्द्र को ही केन्द्र मानकर खींचे जाते हैं। इस कारण से सारे वृत्तों का घुमाव वही होता है जो प्रामाणिक वृत्त का। अतः प्रामाणिक अक्षांश वृत्त को सावधानी के साथ चुनना चाहिये। इसे बहुधा क्षेत्र के मध्यवर्तीय भाग में ही चुनना चाहिए। यूरोप के लिए जो ३५° उ० अ० तथा ७०° उ० अ० के बीच में फैला हुआ है ५५° उ० अ० को प्रामाणित अक्षांश वृत्त चुनना चाहिए। इसकी रचना के लिए केवल प्रामाणिक अक्षांश वृत्त का अर्धव्यास ज्ञात किया जाता है, अन्य अक्षांश वृत्तों का नहीं परन्तु प्रक्षेपान्तर दूरियाँ सभी अक्षांश-वृत्तों के सहारे शुद्ध होती हैं। इस प्रक्षेप में देशान्तर रेखायें सरल रेखायें नहीं होतीं हैं अपितु वे सुडौल वक्र रेखायें होती हैं। इस प्रक्षेप पर क्षेत्रफल शुद्ध होता है जो इसकी बहुत बड़ी विशेषता है।

चित्र ६९ (अ) बोन प्रक्षेप की रचना

चित्र ६९ (ब) यूरोप के लिये बोन प्रक्षेप

रचना विधि

Graphical Construction:—मापक के अनुसार पृथ्वी के गोले का अर्धव्यास ज्ञात कीजिए तथा इस अर्धव्यास से वृत्त का चतुर्थांश खींचिये। केन्द्र से खींचे जाने वाले सभी अक्षांश वृत्तों तथा प्रक्षेपान्तर के कोण खींचिये। मान लीजिये यूरोप के लिये जो ३५ उ० अ० तथा ७५° उ० अ० और १० प० दे० तथा ७०° पू० दे० के बीच फैला हुआ है, मापक १ : १२५,०००,००० तथा प्रक्षेपान्तर १०° पर एक प्रक्षेप खींचना है।

अब पृथ्वी के गोले का अर्धव्यास $= \frac{२५०,०००,०००}{१२५,०००,०००} = २''$। एक वृत्त खींचिये जिसका अर्धव्यास २" हो तथा, उसके केन्द्र पर १०°, ३५°, ४५°, ५५°, ६५° तथा ७५° के कोण बनाइये। [देखिये चित्र ६९ (ब)]

उपरोक्त चित्र में AB केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा के सहारे प्रक्षेपान्तर की दूरी है। AB अर्धव्यास लेकर तथा C को केन्द्र मानकर एक वृत्त का चतुर्थांश खींचिये तथा पूर्व प्रक्षेपों की भाँति अक्षांश वृत्तों के सहारे प्रक्षेपान्तर दूरियाँ ज्ञात कीजिये। ये दूरियाँ LM इत्यादि हैं। यह स्पष्ट है कि प्रक्षेप के लिये प्रामाणिक अक्षांश वृत्त ५५° का होगा। उपरोक्त चित्र में विन्दु P केन्द्र से ५५° का कोण वनाना है। अतः प्रामाणिक अक्षांश दिखाने वाले विन्दु P से एक स्पर्श रेखा PT खींचिए जो पृथ्वी की वढ़ाई हुई अक्ष से विन्दु T में मिलती है। इस प्रकार PT प्रामाणिक अक्षांश वृत्त का अर्धव्यास ज्ञात हुआ।

अव केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा (Central Meridian) को प्रदर्शित करने के लिए एक खड़ी सरल रेखा लीजिए। इस पर कोई विन्दु O लेकर PT अर्धव्यास से एक वृत्त-खंड खींचिए जो केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा को K विन्दु पर काटता है। K से AB के वरावर केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा के सहारे प्रक्षेपान्तर की दूरी नियत कीजिए तथा इन विन्दुओं से O को केन्द्र मानकर अन्य अक्षांश वृत्त खींचिए। इन अक्षांश वृत्तों के सहारे LM, XY इत्यादि प्रक्षेपान्तर-दूरियाँ नियत कीजिये और इस प्रकार प्राप्त विन्दुओं को सुडौल वक्र रेखाओं (Smooth Curves) द्वारा मिला दीजिए। ये देशान्तर रेखाएँ होंगी।

Mathematical Construction:—केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा पर प्रक्षेपान्तर-दूरी $= २\pi R \frac{\text{प्रक्षेपान्तर}}{३६०}$

प्रामाणिक अक्षांश-वृत्त का अर्धव्यास = R cot lat. अक्षांश-वृत्तों पर प्रक्षेपान्तर-दूरियाँयाँ $= २\pi R \cot lat. \frac{\text{प्रक्षेपान्तर}}{३३०}$

अथवा केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा पर प्रक्षेपान्तर दूरी × cos lat.

उपरोक्त उदाहरण में पृथ्वी का अर्धव्यास = २" तथा प्रामाणिक अक्षांश-वृत्त का अर्धव्यास = R cot lat.

= २ × ·७००२ = १·४"

केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा पर प्रक्षेपान्तर-दूरी $= २\pi R \frac{\text{प्रक्षेपान्तर}}{३६०}$

$= २ \times ३·१४१६ \times २ \times \frac{१०}{३६०}$

= ·३४९"

३५ वीं अक्षांश पर प्रक्षेपान्तर-दूरी = केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा पर प्रक्षापान्तर की दूरी × cos ३५°

= ·३४९ × ·८१९२ = ·२८६"

४५वीं ,, ,, ,, = ·३४९ × ·७०७१ = ·२४७"

५५वीं ,, ,, ,, = ·३४९ × ·५७३६ = ·२००"

६५वीं ,, ,, ,, = ·३४९ × ·४२२६ = ·१४७"

७५वीं ,, ,, ,, = ·३४९ × ·२५८८ = ·०९०"

इन मापों द्वारा प्रक्षेप की रचना की जा सकती है।

विशेषताएँ

(१) अक्षांश समकेन्द्रिक वृत्त होते है।

(२) केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा सरल रेखा होती हैं तथा शेप देशान्तर वक्र रेखाए होती है।

(३) मापक सभी अक्षांश-वृत्तों के सहारे शुद्ध होता है। इसका कारण यह है कि अक्षांशों के सहारे प्रक्षेपान्तर की दूरी सही सही नियत की जाती है।

(४) चूँकि सभी अक्षांश-वृत्तों पर मापक शुद्ध होता है अतः इस प्रक्षेप पर सभी अक्षांश-वृत्त प्रामाणिक अक्षांश होते है, परन्तु सभी का घुमाव चुनी हुई प्रामाणिक अक्षाँश-वृत्त पर निर्भर रहता है।

(५) केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा तथा अन्य सभी देशान्तरों के सहारे मापक शुद्ध होता है। अतः उत्तर-दक्षिण दिशा में प्रशस्त दूरियाँ भी सही होती हैं। कारण कि देशान्तर रेखाये समकेन्द्रिक वृत्तों की अर्धव्यास होती हैं।

(६) चूँकि अक्षांश तथा देशान्तर दोनों पर ही दूरियाँ सही होती हैं, इसलिए इस प्रक्षेप पर क्षेत्रफल भी शुद्ध होता है तथा इसे समक्षेत्र-प्रक्षेप (Equal Area Projection) कहते हैं।

(७) यद्यपि इस प्रक्षेप पर क्षेत्रफल शुद्ध होता है, इस पर आकार विकृत हो जाता है, विशेषकर प्रक्षेप के किनारों की ओर।

प्रयोग

वे देश-प्रदेश जो बहुत विस्तृत नहीं होते हैं इस प्रक्षेप पर भलीभाँति दिखाए जाते हैं जैसे यूरोप, उत्तरी अमेरिका तथा आस्ट्रेलिया। एशिया महाद्वीप को भी इस प्रक्षेप पर प्रदर्शित किया जाता है, परन्तु विस्तृत होने के कारण किनारों पर आकार विकृत हो जाता है। उपरोक्त कम विस्तार वाले महाद्वीपों के लिए यह सर्वथा उपयुक्त है।

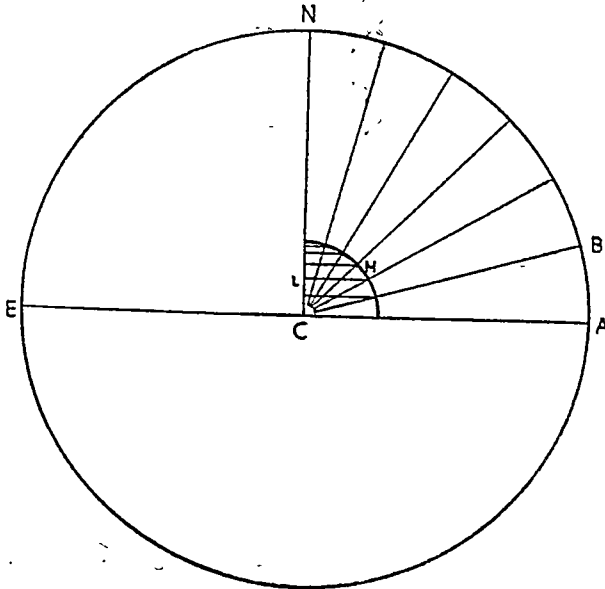
एटलसों में अफ्रीका महाद्वीप को छोड़कर सभी महाद्वीपों के लिए बोन प्रक्षेप का प्रयोग किया गया है। यह भारत के मानचित्र के लिए भी उपयुक्त है। शुद्ध-क्षेत्र प्रक्षेप होने के नाते हालैण्ड, बेल्जियम तथा स्वीटजरलैंड में इसे भू-पत्रकों के लिए भी प्रयोग किया है।

मरकेटर-सैनसन-फ्लैमस्टीड अथवा साइनूस्वाइडल प्रक्षेप
(Mercator-Sanson-Flamstead or Sinusoidal Projection)

यह प्रक्षेप बहुधा Sanson-Flamstead प्रक्षेप के नाम से प्रसिद्ध है क्योंकि इन दोनों विद्वानों ने इसे क्रमशः सन् १६५० तथा १७२९ में प्रयोग किया था। परन्तु मरकेटर ने इसे सन् १६०५ में ही प्रयोग किया था। अतः इसका उपयुक्त नाम मरकेटर-सैनसन-फ्लैमस्टीड प्रक्षप होना चाहिए। चूँकि इसमें Sine Curves का प्रयोग किया जाता है, अतः इसे Sinusoidal प्रक्षेप भी कहते हैं।

वास्तव में यह प्रक्षेप बोन प्रक्षेप (Bonne-Projection) का ही एक संशोधित रूप है जिसकी प्रामाणिक अक्षांश रेखा विषवत् रेखा ही मान ली जाती है। चूँकि विषवत् रेखा एक सरल रेखा द्वारा प्रदर्शित की जाती हैं अतः अन्य सभी अक्षांश-वृत्त सरल रेखाओं द्वारा ही प्रदर्शित किये जाते हैं। बोन प्रक्षेप की भाँति केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा तथा सभी अक्षांश वृत्तों के सहारे प्रक्षेपान्तर-दूरियाँ शुद्ध दिखाई जाती हैं। इसी कारण से यह प्रक्षेप एक शुद्ध-क्षेत्र-प्रक्षेप है। इस प्रक्षेप पर समस्त संसार का मानचित्र खींचा जा सकता है।

रचना-विधि

Graphical Construction—मापक के अनुसार पृथ्वी का अर्धव्यास ज्ञात कीजिए। इस अर्धव्यास से एक वृत्त खींचिए तथा केन्द्र पर अभीष्ट कोण बनाइए। यदि प्रक्षेपान्तर १५° है, तो १५°, ३०°, ४५°, ६०°, ७५° तथा ९०° के कोण खींचे जायेंगे। अब AB अर्धव्यास लेकर तथा C केन्द्र मानकर एक वृत्त का चतुर्थांश खींचिए तथा बोन प्रक्षेप की भाँति Lm इत्यादि अक्षांश-रेखाओं पर प्रक्षेपान्तर-दूरियाँ ज्ञात कीजिए।

चित्र ७०

विषवत रेखा २πR के बराबर खींचिए। मापक $\frac{१}{३३३,०००,०००}$ पर विषवत् रेखा की लम्बाई लगभग ४·८" होगी। केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा लम्बाई में ठीक इसकी आधी होगी तथा विषवत् रेखा के मध्य विन्दु से दोनों ओर बरावर-बरावर खींची जायेगी। विषवत् रेखा के अभीष्ट $\left(\frac{३६०}{\text{प्रक्षेपान्तर}}\right)$ अथवा $\frac{३६०}{१५}$=२४ बरावर भाग कीजिए। केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा के भाग गणना में बिषवत् रेखा के भाग के ठीक आधे होंगे। केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा तथा विषवत रेखा के प्रत्येक भाग की लम्बाई $\frac{२\pi R \times \text{प्रक्षेपान्तर}}{३६०}$ होगी। केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा को विभाजित करने वाले विन्दुओं से विषवत रेखा के समानान्तर सरल रेखायें खींचिये। ये अक्षांश-रेखायें होंगी। इन्हें प्रक्षेपान्तर की दूरियों द्वारा विभाजित कीजिए। इस प्रकार प्राप्त हुए विन्दुओं को वक्र रेखाओं द्वारा मिला दीजिए। ये देशान्तर होंगे।

Mathematical Construction :—विषवत रेखा की लम्बाई=२πR

केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा की लम्बाई=πR, विषवत रेखा के दोनों ओर $\frac{\pi R}{२}$

विषवत् रेखा पर प्रक्षेपान्तर-दूरी=२πR. $\frac{\text{प्रक्षेपान्तर}}{३६०}$

अक्षांश-वृत्तों पर प्रक्षेपान्तर-दूरी=केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा पर प्रक्षेपान्तर × cos lat.

उदाहरण :—समस्त संसार के लिए एक Sinusoidal Projection की रचना कीजिए जिसका मापक $\frac{१}{३३३,०००,०००}$ तथा प्रक्षेपान्तर-दूरी १५° हो।

पृथ्वी का अर्धव्यास (R) = $\frac{२५०,०००,०००}{३३३,०००,०००}$ = ·७५"

विषवत् रेखा की लम्बाई = २πR
= २ × ३·१४१६ × ·७५
= ४·८"

केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा की लम्बाई = $\frac{\text{विषवत रेखा की लम्बाई}}{२}$
= २·४"

विषवत् रेखा तथा केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा

पर प्रक्षेपान्तर-दूरी = २πR $\frac{\text{प्रक्षेपान्तर}}{३६०}$
= ४·८ × $\frac{१५}{३६०}$ = ·२"

१५° उ० तथा द० अक्षांश पर प्रक्षेपान्तर-दूरी=केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा पर प्रक्षेपान्तर ×cos १५°
= ·२ × ·९६५९ = ·१९३"

३०° ,, ,, ,, ,, = ·२ × cos ३०° = ·२ × ·८६६ = ·१७३"
४५° ,, ,, ,, ,, = ·२ × cos ४५° = ·२ × ·७०७ = ·१४१"
६०° ,, ,, ,, ,, = ·२ × cos ६०° = ·२ × ·५ = ·१"
७५° ,, ,, ,, ,, = ·२ × ·२५८८ = ·०५१"

इन मापों द्वारा प्रक्षेप की रचना की जा सकती है। (चित्र ७१ देखिए)

चित्र ७१

विशेषताएँ

(१) इस प्रक्षेप का प्रामाणिक अक्षांश-वृत्त विषवत् रेखा होती है।

(२) चूँकि विषवत् रेखा एक सरल रेखा द्वारा प्रदर्शित की जाती है, अतः अन्य अक्षांश-वृत्त भी सरल रेखाओं द्वारा प्रदर्शित किये जाते हैं।

(३) अक्षांश-वृत्तों के बीच की दूरी समान होती है।

(४) केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा को छोड़कर सभी देशान्तर रेखाएँ वक्र रेखाएँ होती है।

(५) केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा विषवत् रेखा पर लम्ब होती है तथा लम्बाई मे उसकी आधी होती है। इस पर प्रक्षेपान्तर-दूरी भी शुद्ध होती है।

(६) चूँकि मापक अक्षांश तथा देशान्तर दोनों के सहारे शुद्ध होता है, अतः पूर्व-पश्चिम तथा उत्तर-दक्षिण दोनों दिशाओं मे दूरियाँ शुद्ध होती है। इसी कारण से यह एक सम-क्षेत्र-प्रक्षेप है।

(७) इस प्रक्षेप के किनारों की ओर तथा शीत कटिबन्ध मे आकृति विकृत हो जाती है।

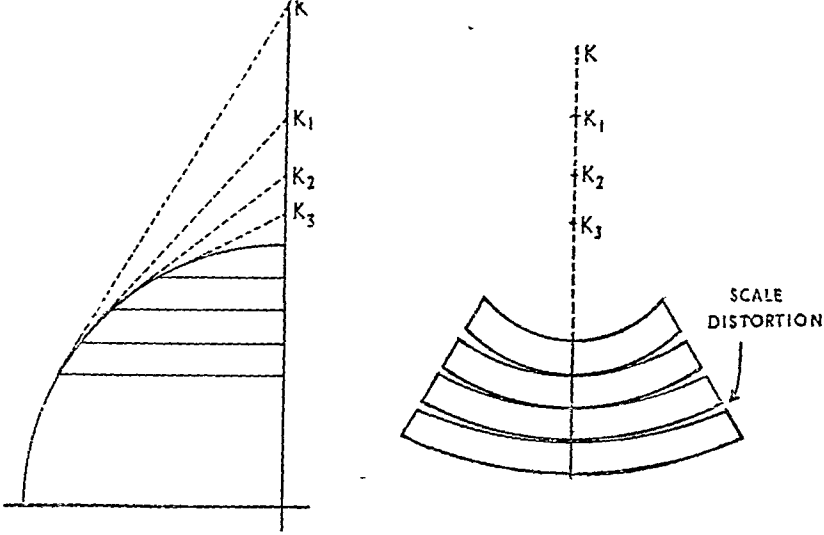
(८) इस प्रक्षेप पर सम्पूर्ण विश्व का मानचित्र खीचा जा सकता है।

उपयोग

सम-क्षेत्र प्रक्षेप होने के नाते इस प्रक्षेप पर विश्व के गर्म देशों की उपजों को बडी ही सरलतापूर्वक दिखलाया जा सकता है। रबड़, गन्ना, नारियल, कहवा, चाय, चावल, तथा केला आदि के विश्व वितरण के लिए यह बहुत ही उपयुक्त है। एटलसों मे अफ्रीका, दक्षिणी अमेरिका तथा आस्ट्रेलिया के मानचित्र बहुधा इसी प्रक्षेप पर खीचे जाते हैं।

बहु शंकु प्रक्षेप
(Polyconic Projection)

इस प्रक्षेप के जन्मदाता प्रो० फर्दीनैण्ड हैस्लर (Furdinand Hassler) थे। उन्होंने सर्वप्रथम इसे सयुक्त राज्य अमेरिका के तटीय मानचित्रों के लिए प्रयोग किया था। इस प्रक्षेप की रचना के लिए यह कल्पना करनी पड़ती है कि ग्लोब के ऊपर अनेक शंकु रख दिए गए है जिनमें से प्रत्येक शंकु एक स्पर्श-वृत्त के सहारे ग्लोब को स्पर्श करता है। इस प्रकार सभी स्पर्श-वृत्त प्रामाणिक अक्षांश-वृत्त बन जाते है तथा सभी के निकटवर्तीय क्षेत्र शुद्धता पूर्वक प्रदर्शित

किए जाते हैं। क्षेत्र को पूर्व-पश्चिम प्रशस्त छोटी-छोटी पट्टियों में विभाजित कर लिया जाता है तथा ये पट्टियाँ केवल केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा के सहारे एक-दूसरे से सटाकर मिल सकती हैं। केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा से पूर्व अथवा पश्चिम की ओर हटाने पर पट्टियाँ ठीक नहीं मिलती हैं, अतः केवल केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा के सहारे आकृति तथा क्षेत्रफल दोनों शुद्ध होते हैं। उससे दूर हटने पर दोनों अशुद्ध हो जाते हैं। चूँकि सभी अक्षांश-वृत्त प्रामाणिक अक्षांश-वृत्त होते है, अतः उनके अर्धव्यास साधारण शंकु प्रक्षेप की भाँति ज्ञात किए जा सकते हैं।

चित्र ७२ (अ, ब)

रचना विधि

Graphical Construction:—मापक के अनुसार वृत्त खींचिए और इस वृत्त के केन्द्र पर अभीष्ट कोण खींचिए। यूरोप के महाद्वीप के लिए क्रमशः ४५°, ६५°, ७५° उ० अ० होंगे। प्रक्षेपान्तर १०° का भी कोण बनाइए। अब AB अर्धव्यास लेकर केन्द्र पर एक वृत्त का चतुर्थांश खींचिए तथा अक्षांश वृत्तों के सहारे बोन प्रक्षेप (Bonne Projection) की भाँति प्रक्षेपान्तर की दूरियाँ ज्ञात कीजिए। P, Q इत्यादि बिन्दुओं से स्पर्श रेखाएँ खींचिए जो पृथ्वी की बढ़ाई हुई अक्ष से मिलें तो PP_1, QQ_1, RR_1, SS_1 तथा TT_1 विभिन्न प्रामाणिक वृत्तों के अर्धव्यास प्राप्त हो जावेंगे।

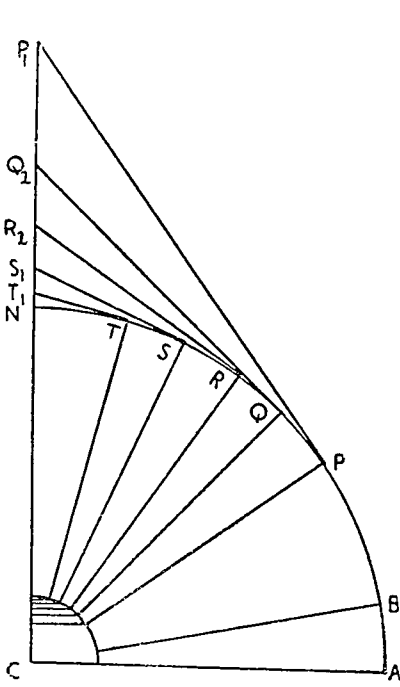
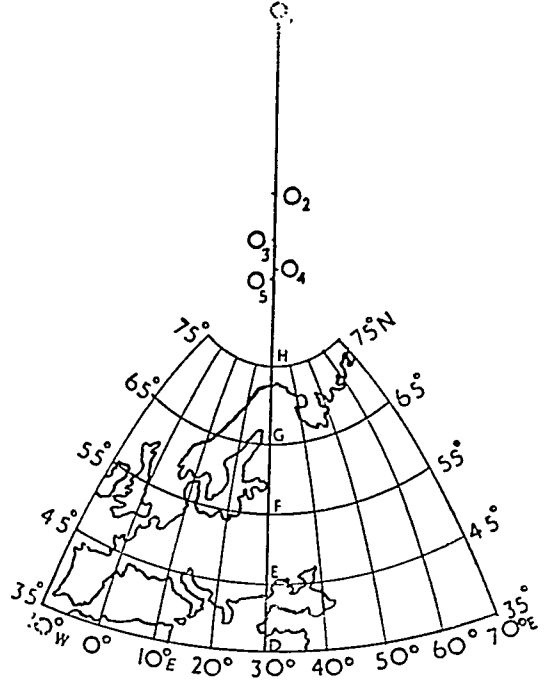
अब केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा को प्रदर्शित करने के लिए एक खड़ी सरल रेखा खींचिए तथा AB के बराबर दूरियाँ नियत कीजिए। ये दूरियाँ D, E, F, G, H आदि बिन्दुओं से प्रदर्शित की गई हैं। D से PP_1 के बराबर दूरी इस खड़ी रेखा के सहारे काटिए तथा O_1 बिन्दु ज्ञात कीजिए जो कि प्रामाणिक अक्षांश-वृत्त का केन्द्र होगा। E से QQ_1 के बराबर दूरी नापिये तथा उस वृत्त का केन्द्र O_2 ज्ञात कीजिये। इसी प्रकार सभी वृत्तों के अर्धव्यास तथा केन्द्र ज्ञात हो जायँगे। अब इन अक्षांश वृत्तों को खींचिए तथा इनके सहारे प्रक्षेपान्तर की दूरियाँ नियत कीजिये। सुडौल वक्र रेखाओं द्वारा अक्षांश-वृत्तों के विभाजक बिन्दुओं को मिलाइये। ये देशान्तर रेखायें होंगी।

Mathematical Construction :—इसके लिए निम्नलिखित गणना की आवश्यकता होगी।

$$\text{केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा पर प्रक्षेपान्तर-दूरी} = २\pi R \frac{\text{प्रक्षेपान्तर}}{३६०}$$

अक्षांश-वृत्तों पर प्रक्षेपान्तर दूरी = केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा पर प्रक्षेपान्तर-दूरी $\times \cos$ lat, अथवा

$$= \pi R \cos \text{lat.} \frac{\text{प्रक्षेपान्तर}}{३६०}$$

अक्षांश-वृत्तों के अर्धव्यास $= R \cot$ lat.

चित्र ७३ चित्र ७४

यह स्पष्ट है कि वहु-शंकु प्रक्षेप का अर्धव्यास 'वोन' अथवा साधारण शंकु प्रक्षेप की भाँति ही ज्ञात किया जाता है। इसमें अनेक अर्धव्यास ज्ञात करने होते हैं जिनका मान R cot lat. द्वारा ज्ञात किया जा सकता है। इन मापों से प्रक्षेप की रचना पूर्ववत् की जा सकती है।

उदाहरण :—मापक १ : १२५,०००,००० पर यूरोप के लिये एक वहु शंकु प्रक्षेप की रचना कीजिये जबकि प्रक्षेपातर १०° हो। यूरोप का विस्तार ३५° उ० अ० से ७०° उ० अ० तथा १०° प० दे० से ७०° पू० देशान्तर तक है।

पृथ्वी का अर्धव्यास $(R) = \frac{२५०,०००,०००}{१२५,०००,०००} = २''$

केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा पर प्रक्षेपान्तर-दूरी $= २\pi R \frac{\text{प्रक्षेपान्तर}}{३६०}$

$= २ \times ३\cdot१४१६ \times २ \times \frac{१०}{३६०}$

$= \cdot३४९''$

३५वीं अक्षांश पर प्रक्षेपान्तर-दूरी = केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा पर प्रक्षेपान्तर-दूरी × cos ३५°
$= \cdot३४९ \times \cdot८१९२ = \cdot२८६$

४५वीं ,, ,, ,, $= \cdot३४९ \times \cdot७०७१ = \cdot२४७''$

५५वीं ,, ,, ,, $= \cdot३४९ \times .५७३६ = \cdot२००''$

६५वीं ,, ,, ,, $= \cdot३४९ \times \cdot४२२६ = \cdot१४७''$

७५वीं ,, ,, ,, $= \cdot३४९ \times \cdot२५८८ = \cdot०९०''$

३५वीं अक्षांश का अर्धव्यास	= R cot ३५° = २ × १·४२८१ = २·८५"
४५वीं ,, ,, ,,	= R cot. ४५° = २ × १ = २"
५५वीं ,, ,, ,,	= R cot. ५५° = २ × ·७००२ = १·४"
६५वीं ,, ,, ,,	= R cot. ६५° = २ × ·४६६३ = ·९३"
७५वीं ,, ,, ,,	= R cot. ७५° = २ × ·२६७९ = ·५३"

इन मापों की सहायता से पूर्ववत् प्रक्षेप की रचना की जा सकती है। (देखिये चित्र ७४)

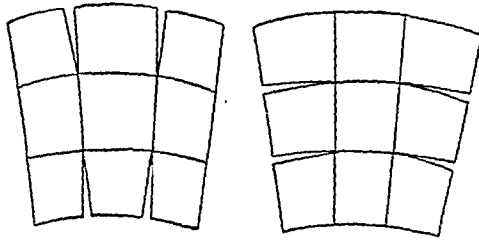
विशेषताएँ

(१) अक्षांश वृत्त-खण्डों द्वारा प्रदर्शित किये जाते हैं, परन्तु इन सभी वृत्त-खण्डों के केन्द्र पृथक्-पृथक् होते हैं।
(२) सभी अक्षांश-वृत्त प्रामाणिक अक्षांश वृत्त होते हैं। उनका मापक शुद्ध होता है। अतः इस प्रक्षेप द्वारा पूर्व पश्चिम प्रशस्त दूरियाँ शुद्ध होती हैं।
(३) देशान्तर रेखाएँ वक्र रेखाओं द्वारा प्रदर्शित की जाती है।
(४) मापक केन्द्रीय देशान्तर रेखा पर ही शुद्ध होता है, अन्य देशान्तर रेखाओं पर नहीं।
(५) अतः उत्तर-दक्षिण प्रशस्त-दूरी केवल केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा के सहारे ही शुद्ध होती है तथा उससे दूर हटने पर क्षेत्रीय पट्टियाँ उत्तर तथा दक्षिण में सटकर नहीं मिल पातीं।
(६) यह प्रक्षेप न तो शुद्ध-आकार प्रक्षेप है और न शुद्ध क्षेत्र-प्रक्षेप, परन्तु केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा के समीप ये दोनों विशेषताएँ लगभग उपस्थित होती हैं।

उपयोग

इस प्रक्षेप की विशेषताओं से स्पष्ट है कि उस पर विस्तृत क्षेत्रों को नहीं प्रदर्शित किया जा सकता क्योंकि केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा से पूर्व अथवा पश्चिम हटने पर क्षेत्रफल तथा आकार दोनो अशुद्ध हो जाते हैं। इन पर वे देश भलीभाँति प्रदर्शित किये जा सकते हैं जिनकी लम्बाई उत्तर-दक्षिण तथा चौड़ाई पूर्व-पश्चिम हो। इसका दूसरा प्रयोग यह है कि बड़ी माप वाले भू-पत्रकों (Topo-Sheets) पर खिंचे हुए मानचित्रों को एक दूसरे से उत्तर-दक्षिण मिलाकर एक बड़ा मानचित्र तैयार किया जा सकता है। इस प्रकार जो मानचित्र तैयार किया जा सकता है उसमें अधिक त्रुटि नहीं होती है। इसी विशेषता के कारण इसके संशोधित रूप को अन्तर्राष्ट्रीय प्रक्षेप के लिए प्रयोग किया गया है।

अन्तर्राष्ट्रीय प्रक्षेप
(International Map Projection)

सन् १८९१ में बर्न के अन्तर्राष्ट्रीय भूगोल परिषद में प्रो० पेन्क (Prof. Penck) ने इस १:१,०००,०००,००० प्रक्षेप का प्रस्ताव रक्खा। सन् १८९५ में लन्दन के द्वितीय अधिवेशन में इस पर विचार विनिमय हुआ, परन्तु अंग्रेजों के विरोध के फलस्वरूप पेन्क का यह स्वप्न क्रियात्मक रूप न ले सका। तेरह वर्ष यों ही व्यतीत हो गये। अन्ततोगत्वा सन १९०८ में जेनेवा अधिवेशन में उत्साह की एक नवीन लहर आई, अन्तर्राष्ट्रीय प्रक्षेप का बोलबाला हुआ और एक अन्तर्राष्ट्रीय मानचित्र समिति की स्थापना हो गई। इस समिति की प्रथम बैठक १९०९ में लन्दन में हुई जिसमें लालमान्ड (Lallemand) द्वारा प्रस्तावित संशोधित बहु-शंकु-प्रक्षेप को सर्वसम्मति से

चित्र ७५

अपनाया गया। इस प्रक्षेप का उद्देश्य यह था कि बड़ी माप वाले भू-पत्रों पर संसार का एक मानचित्र बनाया जावे। स्वाभाविकतः इन भू-पत्रों का चारों दिशाओं में सट जाना परम वांछनीय था। वह शंकु-प्रक्षेप में केवल उत्तर दक्षिण में भू-पत्र एक दूसरे से सट पाते हैं, पूर्व तथा पश्चिम में नहीं क्योंकि केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा के अतिरिक्त अन्य देशान्तर वक्र रेखाओं द्वारा प्रदर्शित किए जाते हैं।

६०° उ० तथा द० अक्षांश के बीच प्रत्येक अन्तर्राष्ट्रीय मानचित्र का विस्तार ४° अ० तथा ६° दे० होगा। इस प्रकार कुल $\frac{३६० \times ६० \times २}{६ \times ४}$ = १८०० मानचित्र होंगे। ६०° तथा ८८° ग० तथा द० अक्षांश के बीच प्रत्येक अन्तर्राष्ट्रीय मानचित्र का विस्तार ४° अ० तथा १२° दे० होगा। इस प्रकार कुल $\frac{३६० \times (८८ - ६०) \times २}{१२ \times ४}$ = ४२० मानचित्र होंगे। उनके अतिरिक्त दो ध्रुवीय मानचित्र (व्यास = ४° अ०) होंगे। इस प्रकार समस्त संसार के लिये अन्तर्राष्ट्रीय प्रक्षेप पर २२२२ मानचित्र बनेंगे।

बहु शंकु प्रक्षेप में निम्नलिखित संशोधन करके अन्तर्राष्ट्रीय प्रक्षेप प्राप्त किया जाता है :—

(१) देशान्तर रेखाओं को सरल रेखाओं द्वारा प्रदर्शित करते हैं जिसके फलस्वरूप मानचित्र पूर्व तथा पश्चिम में भी पूर्णतया सट जाते हैं। सबसे ऊपर तथा सबसे नीचे के अक्षांश-वृत्तों पर मापक शुद्ध होता है जिसके फलस्वरूप बहु शंकु प्रक्षेप की भांति उत्तर तथा दक्षिण में भी मानचित्र पूर्णतया सट जाते है।

(२) एक मध्यान्ह रेखा के स्थान पर दो मध्यान्ह रेखाओं पर मापक शुद्ध होता है। केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा की लम्बाई उसकी वास्तविक लम्बाई से कम होती है। ६०° उ० तथा द० अक्षांशों के बीच प्रत्येक अन्तर्राष्ट्रीय मानचित्र पर २° पू० तथा २° प० दे० रेखाएँ शुद्ध होती हैं जबकि ६०° तथा ८८° उ० तथा द० अ० के बीच प्रत्येक अन्तर्राष्ट्रीय मानचित्र पर ४° पू० तथा ४° प देशान्तर रेखाएँ शुद्ध होती हैं। इस रचना विधि के कारण ही अन्तर्राष्ट्रीय प्रक्षेप पर बहु शंकु प्रक्षेप की अपेक्षा कम शुद्धि होती है।

रचना विधि

इस प्रक्षेप की रचना निम्नांकित दो तालिकाओं पर आधारित है। प्रथम तालिका में ४° अ० के बीच की केन्द्रीय मध्यान्ह रेखाओं की संशोधित दूरियाँ दी हुई हैं। द्वितीय तालिका में x तथा y कक्षों के भुज-युग्म (Co-ordinates) दिए हुए हैं जिसके छेदन-विन्दुओं (Point of Intersection) द्वारा केन्दीय मध्यान्ह रेखा से अन्य विन्दुओं की अक्षांश तथा देशान्तर दूरियाँ ज्ञात हो जाती हैं। प्रथम तालिका में अभीप्ट अक्षांशों के बीच की दूरी लीजिए तथा एक सरल खड़ी रेखा खींचिए। केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा के दोनों ओर सबसे ऊपर तथा सबसे नीचे के अक्षांश-वृत्तों के भुज-युग्म नियत कीजिए तथा उन्हें वक्र रेखाओं द्वारा मिलाइए। ऊपर तथा नीचे के दोनों अक्षांश-वृत्तों के विभाजन-विन्दुओं को सरल रेखाओं द्वारा मिला दीजिए। इस प्रकार केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा के दोनों ओर कुल ६ देशान्तर रेखाएं प्राप्त हो जाती हैं। सभी देशान्तर रेखाओं को चार बराबर-बराबर भागों में विभाजित कीजिए तथा अन्य अक्षांश-वृत्तों को ी नियत कीजिए।

तालिका १

उदाहरण :—२४° उ० अ० तथा २८° उ० अ० तथा ७८° पू० दे० तथा ८४° पू० दे० के बीच विस्तृत क्षेत्र के लिए एक अन्तर्राष्ट्रीय प्रक्षेप तैयार कीजिए।

२४° उ० अ० तथा २८° उ० अ० के बीच की संशोधित-दूरी = ४४२·९१ मिलीमीटर

अक्षाश	भुजयुग्म	केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा से देशान्तर		
		१°	२°	३°
२४°	x y	१०१·७६ ०·३६	२०३·५२ १·४५	३०५·३१ ३·२५
२८°	x y	९८·३७ ०·४०	१९६·७५ १·६१	२९५·१५ ३·६३

चित्र ७६

तालिका २

[मापक १ : १,०००,०००; पृथ्वी का अर्धव्यास ६३७८·२४ किलोमीटर]
केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा की संशोधित लम्बाई (मिलीमीटरों में)

अक्षांश	वास्तविक लम्बाई	संशोधित लम्बाई
०° — ४°	४४२·२७	४४२·००
४° — ८°	४४२·३१	४४२·०४
८° — १२°	४४२·४०	४४२·१४
१२° — १६°	४४२·५३	४४२·२८
१६° — २०°	४४२·६९	४४२·४५
२०° — २४°	४४२·९०	४४२·६७
२४° — २८°	४४३·१३	४४२·९१
२८° — ३२°	४४३·३९	४४३·१९
३२° — ३६°	४४३.६८	४४३·५०
३६° — ४०°	४४३·९८	४४३·८१
४०° — ४४°	४४४·२९	४४४·१४
४४° — ४८°	४४४·६०	४४४·४७
४८° — ५२°	४४४·९२	४४४·८१
५२° — ५६°	४४५·२२	४४५·१३
५६° — ६०°	४४५·५२	४४५·४४

तालिका ३

अक्षांस तथा देशान्तर देखाओं के भुजयुग्म के छेदन विन्दु

अक्षांश	भुज युग्म	केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा से देशान्तर की दूरी		
		१°	२°	३°
०°	x	१११·३२	२२२·६४	३३३·९६
	y	०·००	०·००	०·००
४०	x	१११·०५	२२२·१०	३३६·१६
	y	०·०७	०·२७	०·६१
८°	x	११०·२५	२२०·४९	३३०·७४
	y	०·१३	०·५४	१·२१
१२°	x	१०८·९१	२१७·८१·	३२६·७३
	y	०·२०	०·७९	१·७८
१६°	x	१०७·०४	२१४·०८	३२१·१३
	y	०·२६	१·०३	२·३२
२०°	x	१०४·६५	२०९·३१	३१३·९८
	y	०·३१	१·२५	२·८१
२४°	x	१०१·७६	२०३·४२	३०५·३१
	y	०·३६	१·४५	३·२५
२८°	x	९८·३७	१९६·७५	२९५·२५
	y	०·४०	१·६१	३·६३
३२°	x	९४·५०	१८९ ०१	२८३·५६
	y	०·४४	१·७५	३·[illegible]
६०°	x	५५·८१	१११·६४	१६७·५२
	y	०·४२	१·६१	३·८०

विशेषताएं

(१) अक्षांश-वृत्त वक्र रेखाओं द्वा प्रदर्शित किए जाते हैं।

(२) सबसे ऊपरी तथा सबसे नीचे के अक्षांश-वृत्तों पर मापक शुद्ध होता है।

(३) देशान्तर रेखाएं सरल रेखाएं होती हैं।

(४) केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा अपनी वास्तविक लम्बाई से छोटी होती है तथा उसके दोनों ओर की द्वितीय मध्यान्ह रेखा पर मापक शुद्ध होता है।

(५) सबसे ऊपर तथा सबसे नीचे के अक्षांश-वृत्तों पर शुद्ध मापक होने के कारण तथा देशान्तर रेखाओं का सरल रेखा होने के कारण निकटवर्ती ९ मानचित्रों को आपस में सुगमतापूर्वक जोड़ा जा सकता है।

(६) यह प्रक्षेप न शुद्ध क्षेत्र प्रक्षेप है और न शुद्ध आकार प्रक्षेप। वास्तव में निकटवर्तीय मानचित्रों के चतुर्दिश सटाने के चक्कर में इन दोनों विशेषताओं का त्याग किया जाता है। चूंकि भू-पत्रों पर प्रदर्शित क्षेत्र छोटे होते हैं, अतः दोनों विशेषताएं किसी सीमा तक अवशेप मात्र समझी जा सकती हैं।

खंड ४
बेलनकार प्रक्षेप
(Cylindrical Projections)

बेलनकार प्रक्षेपों की रचना के लिए ग्लोब पर बने हुए अक्षांश तथा देशान्तर रेखाओं के जाल को बेलनाकार कागज पर प्रक्षेपित कर लेते हैं। जब इस बेलनाकार कागज को अक्ष के समानान्तर किसी रेखा के सहारे काटते हैं, तो यह एक आयत में परिणत हो जाता है। सामान्य अवस्था में ग्लोब तथा बेलन दोनों की अक्ष एक-दूसरे के अनुरूप होती है, अन्यथा बेलनकार कागज के भीतर ग्लोब अन्य अवस्थाओं में भी रक्खा जा सकता है जहाँ दोनों का स्पर्श भूमध्य रेखा के सहारे अथवा अन्य किसी वृहत वृत्त के सहारे हो। इस पुस्तक में हम केवल सामान्य अवस्थाओं पर ही विचार करेंगे।

सामान्य बेलनकार प्रक्षेपों (Normal Cylindrical Projection) की कुछेक विशेषतायें निम्न-लिखित हैं :—

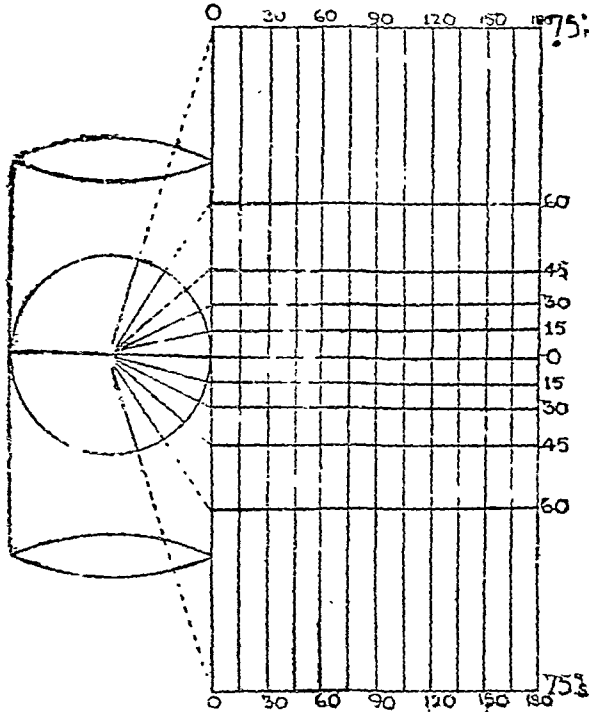
(१) अक्षांश रेखायें समानान्तर सरल रेखायें होती हैं तथा उनकी लम्बाई समान होती है।
(२) देशान्तर रेखायें भी समानान्तर सरल रेखायें होती हैं तथा उनके बीच की दूरी समान होती है।
(३) अक्षांश तथा देशान्तर रेखायें एक दूसरे पर लम्ब होती हैं।

उपरोक्त प्रथम विशेषता से स्पष्ट है कि बेलनकार प्रक्षेपों पर भूमध्य रेखा से दूरस्थ क्षेत्रों में अक्षांश-मापक में अत्यधिक वृद्धि हो जाती है। ध्रुव जो ग्लोब पर एक विन्दु द्वारा प्रदर्शित किया जाता है, बेलनकार प्रक्षेप पर भूमध्य रेखा की दूरी के बराबर प्रदर्शित किया जाता है। देशान्तर रेखाओं की अवस्था बिल्कुल ही भिन्न है, वे सभी ग्लोब की देशान्तर रेखाओं के समान होती हैं।

प्राकृतिक बेलनाकार प्रक्षेप
(Natural Cylindrical Projection)

यह एक प्रतिबिम्ब प्रक्षेप (Perspective Projection) है। इसकी रचना के लिए यह कल्पना करनी

चित्र ७७

फा० ११

पड़ती है कि प्रकाश ग्लोब के केन्द्र पर रखा हुआ है तथा ग्लोब एक वेलनाकार कागज से परिगत (Circum-scribed) हैं। ग्लोब तथा वेलन दोनों की अक्ष एक दूसरे के अनुरूप हैं। चूँकि इस अवस्था में ग्लोब तथा वेलन का स्पर्श भूमध्य रेखा के सहारे होगा। अतः भूमध्य रेखा की लम्बाई शुद्ध होगी तथा उसके हर विन्दु पर मापक शुद्ध होगा। अन्य अक्षांश-वृत्त वेलन के धरातल पर वृत्तों के रूप में प्रदर्शित होंगे। चूँकि वेलन के धरातल पर बने हुए छाया वृत्त सभी समान हैं, अतः पूरब-पश्चिम मापक में भूमध्य रेखा से दूरस्थ क्षेत्रों में अत्यधिक वृद्धि हो जाती है। इस प्रक्षेप पर उत्तरी तथा दक्षिणी ध्रुवों को प्रदर्शित नहीं किया जा सकता है क्योंकि इनकी छाया-रेखा वेलन के कक्ष के समानान्तर हो जाती है। जब इस वेलनाकार कागज को प्रशस्त किया जावेगा तो चित्र ७७ में दिया हुआ प्रक्षेप प्राप्त हो जावेगा।

रचना विधि

दिए हुए मापक के अनुसार एक वृत्त खींचिए। उसके व्यास को इतना बढ़ाइये कि वृत्त के बाहर उसकी लम्बाई $२\pi R$ हो। यही भूमध्य रेखा होगी। इसके दोनों सिरे पर दो लम्ब खींचिये जिनमे से एक वृत्त को स्पर्श करेगा। वृत्त के केन्द्र पर अभीष्ट अक्षांशों को खींचिए। इन अर्धव्यासों को बढ़ाकर स्पर्श रेखा से मिला दीजिये तथा मिलन विन्दुओं से भूमध्य रेखा के समानान्तर रेखाये खींचिए जो अक्षांश रेखाएँ होंगी। भूमध्य रेखा को यथोचित भागों में विभाजित विन्दुओं कर लम्ब खड़े करके देशान्तर रेखाओं को प्राप्त कीजिये।

उदाहरण :—एक प्राकृतिक वेलनाकार (Natural Cylindrical Projection) की रचना कीजिये जबकि मापक $\frac{१}{५००,०००,००}$ तथा प्रक्षेपान्तर १५° है।

$$R = \frac{२५०,०००,०००}{५००,०००,०००} = \frac{१}{२} \text{ इंच}$$

०° पू० दे० से १८०° पू० दे० तक भूमध्य रेखा की लम्बाई

$$= \frac{१}{२} \times २\pi R$$

$$= \frac{१}{२} \times २ \times \frac{२२}{७} \times \frac{१}{२} \text{ इंच}$$

$$= \frac{११}{७} = १\cdot५७''$$

भूमध्य रेखा पर प्रक्षेपान्तर दूरी $= \frac{१५}{१८०} \times १\cdot५७$

$$= \cdot१३''$$

[स्पर्श रेखा पर प्रक्षेपान्तर दूरी $= R \tan$ lat.]

भूमध्य रेखा से १५वीं अक्षांश की दूरी $= R \tan १५^\circ$

$$= \frac{१}{२} \times ०\cdot२६७९ = ०\cdot१३३९''$$

" " ३० " " $= R \tan ३०^\circ$

$$= \frac{१}{२} \times ०\cdot५७७४ = ०\cdot२८८७''$$

" " ४५ " " $= R \tan ४५^\circ$

$$= \frac{१}{२} \times १ = ०\cdot५''$$

भूमध्य रेखा से ६० अक्षांश की दूरी $= R \tan ६०^{\circ}$

$= \frac{१}{२} \times १.७३२० = ०.८६६०''$

" " ७५ " " $= R \tan ७५^{\circ}$

$= \frac{१}{२} \times ३.७३२० = १.८६६०''$

" " ९० " " $= R \tan ९०^{\circ}$

$= \frac{१}{२} \infty = \infty$

उपरोक्त मापों के आधार पर प्राकृतिक बेलनाकार प्रक्षेप की रचना की जा सकती है। (चित्र ७८ देखिये)

विशेषताएँ

(१) अक्षांश तथा देशान्तर दोनों ही सरल रेखाओं द्वारा प्रदर्शित किये जाते हैं।

(२) अक्षांश तथा देशान्तर एक दूसरे पर लम्बवत् होते हैं।

(३) देशान्तर रेखाओं के बीच की दूरी समान होती है।

(४) सभी अक्षांश रेखायें भूमध्य रेखा के बराबर होती हैं। परन्तु उनके बीच की दूरी भूमध्य रेखा से दूर हटने पर बढ़ जाती है।

(५) पूर्व-पश्चिम तथा उत्तर-दक्षिण दोनों दिशाओं में मापकों में अत्यधिक वृद्धि हो जाती है परन्तु वह असमान होती है। असमान मापक-वृद्धि के फलस्वरूप न तो क्षेत्रफल शुद्ध रहता है और न आकार।

(६) भूमध्य रेखा के दोनों ओर एक सकरी पेटी में ही दूरियाँ शुद्ध होती हैं।

प्रयोग

चूँकि यह प्रक्षेप न तो शुद्ध क्षेत्र प्रक्षेप हैं और न शुद्ध आकार प्रक्षेप। अतः यह बहुत कम व्यहृत है। केवल भूमध्य रेखा के सहारे एक पतली पेटी में ही मापक शुद्ध माना जा सकता है, क्योंकि केवल भूमध्य रेखा पर ही दूरी शुद्ध होती है। इन्हीं दोषों के कारण यह प्रक्षेप उपयोगी नहीं है।

साधारण बेलनाकार प्रक्षेप

(Simple Cylindrical Projection)

रचना-विधि

Graphical Construction:—दिए हुए मापक के अनुसार एक वृत्त खींचिये। भूमध्य रेखीय व्यास खींचिये। प्रक्षेपान्तर के बराबर वृत्त केन्द्र पर एक कोण बनाइए जो वृत्त पर xy चाप को प्रदर्शित करता है। xy चाप-दूरी ही अक्षांशों तथा देशान्तर पर प्रक्षेपान्तर दूरी हैं। भूमध्य-रेखा को प्रक्षेपान्तर-दूरी के आधार पर विभाजित कीजिए तथा विभाजन बिन्दुओं पर लम्ब खींचिए जो देशान्तर रेखाओं को प्रदर्शित करेंगे। इनमें से किन्हीं दो को प्रक्षेपान्तर-दूरी के आधार पर विभाजित कीजिए तथा संगति-विभाजन-बिन्दुओं को सरल रेखाओं द्वारा मिला दीजिए जो भूमध्य रेखा के समानान्तर होंगी। समस्त संसार के मानचित्र पर देशान्तर एक रेखा की लम्बाई भूमध्य रेखा की लम्बाई की आधी होगी।

Mathematical Construction:—एक $२\pi R$ लम्बी सरल रेखा खीचिए जो भूमध्य रेखा को प्रदर्शित करेगी। भूमध्य रेखा तथा देशान्तर पर प्रक्षेपान्तर $= २\pi R \times \frac{\text{प्रक्षेपान्तर}}{३६०}$ है। भूमध्य रेखा को अभीष्ट भागों में विभाजित कीजिए। समस्त संसार के मानचित्र पर एक देशान्तर की लम्बाई $= \pi R$ तथा प्रक्षेपान्तरों की

संख्या $= \frac{१}{२}$ (भूमध्य रेखा पर प्रक्षेपान्तरों की संख्या)

अक्षांश तथा देशान्तर रेखाओं पर प्रक्षेपान्तर-दूरियों को अंकित करके प्रक्षेप की रचना की जा सकती है।

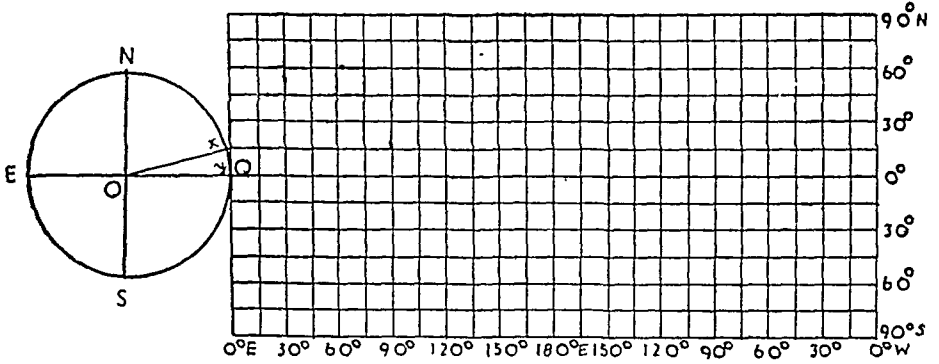
विशेषताएँ

(१) अक्षांश तथा देशान्तर दोनों सरल रेखाओं द्वारा प्रदर्शित किए जाते हैं।

(२) अक्षांश तथा देशान्तर दोनों के बीच की दूरी समान होती है। इसीलिए इस प्रक्षेप को सम-दूरी बेलनाकार प्रक्षेप भी कहते हैं।

(३) अक्षांश तथा देशान्तर रेखायें एक दूसरे पर लम्बवत् होती हैं।

(४) भूमध्य रेखा का मापक शुद्ध होता है। फलस्वरूप भूमध्यरेखा पर शुद्ध दूरी दिखाई जाती है। अन्य अक्षांश रेखाओं पर मापक वृद्धि हो जाती है।

(५) देशान्तर रेखाओं पर मापक शुद्ध होता है। यह प्रक्षेप न तो शुद्ध क्षेत्र प्रक्षेप है और न शुद्ध आकार प्रक्षेप।

चित्र ७८

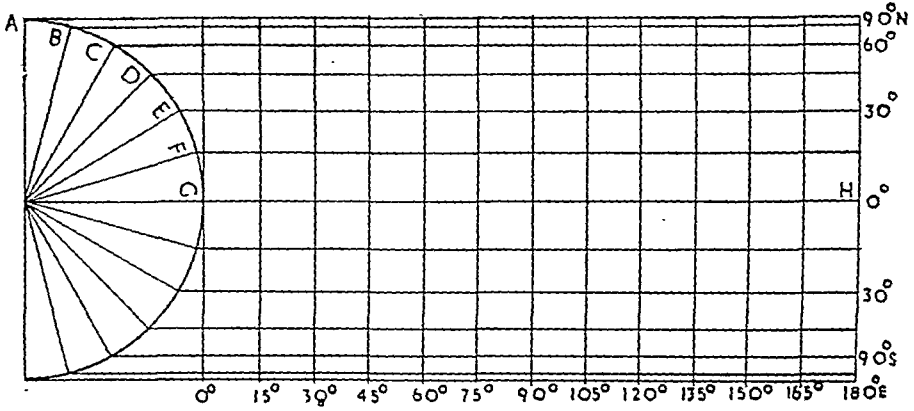
उपयोग

यह प्रक्षेप विशेष उपयोगी नहीं है क्योंकि इस पर भूमध्य रेखा के सहारे एक पतली पेटी में २° ३०′ उ० अ० तथा २° ३०′ द० अ० के बीच ही मापक शुद्धता पूर्वक दिखाया जा सकता हैं। यह समस्त संसार के मानचित्र के लिये सर्वथा अनुपयुक्त है।

समक्षेत्र बेलनाकार प्रक्षेप
(Cylindrical Equal area Projection)

रचना-विधि

Graphical Construction:—दिये हुए मापक के अनुसार एक वृत्त खींचिये। इसके केन्द्र पर अक्षांश कोण बनाइए। यदि मापक $\frac{१}{२५०,०००,०००}$ हो तो R = १″ होगा। चित्र ७९ में एक अर्धवृत्त खींचा गया है तथा ०°, १५°, ३०° आदि के अक्षांश कोण बनाये गये हैं जो G,F,E आदि विन्दुओं द्वारा प्रदर्शित किये गये हैं। भूमध्यरेखा २πR के बराबर खींचियें तथा उसको अभीष्ट भागों $\left(\frac{३६०}{\text{प्रक्षेपान्तर}}\right)$ में विभाजित कीजिये तथा विभाजन विन्दुओं पर लम्ब खींचिए। चित्र ७८ में भूमध्य रेखा की १८०° की लम्बाई की गई (πR) तथा उसे $\frac{१८०}{१५}$ = १२ भागों में विभाजित किया गया है। A B C आदि विन्दुओं से भूमध्यरेखा के समानान्तर रेखायें खींचिये। इस प्रकार प्रक्षेप तैयार हो जावेगा।

Mathematical Construction:—समस्त संसार के मानचित्र के लिए भूमध्य रेखा २πR के बराबर खींची जाती है। इसे अभीष्ट भागों में $\left(\frac{३६०}{\text{प्रक्षेपान्तर}}\right)$ में विभाजित कर लिया जाता है। इस रचना-विधि की

चित्र ७९

मुख्य समस्या भूमध्यरेखा से अन्य अक्षांश-रेखाओं की दूरी ज्ञात करना है। चूंकि यह एक शुद्ध क्षेत्र प्रक्षेप है अतः ग्लोब की किसी पेटी का क्षेत्रफल प्रक्षेप की संगतीय पेटी के क्षेत्रफल के बराबर होना चाहिये।

चित्र ८०

किसी पेटी (Zone) का क्षेत्रफल $= 2\pi Rh$

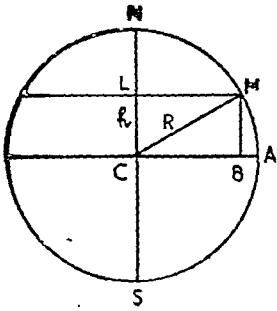
जबकि $h = CL$ और $BM = h$ and $CM = R$

समकोण त्रिभुज MCB में

$BM = CM \sin MCB$

चूंकि $BM = h$ and $\angle MCB =$ अक्षांश

$\therefore h = R \sin lat.$

अतः भूमध्यरेखा से किसी भी अक्षांश की दूरी $R \sin lat.$ सूत्र द्वारा ज्ञात की जा सकती है।

उदाहरण :—पूर्वी गोलार्द्ध के लिये एक सम-क्षेत्र बेलनाकार प्रक्षेप खींचिए जिसका मापक $\frac{१}{२५०,०००,०००}$ तथा प्रक्षेपान्तर १५° हो।

आधी भूमध्यरेखा की लम्बाई $= \frac{२\pi R}{२} = \frac{२ \times ३\cdot१४१६ \times १}{१} = \frac{६\cdot२८}{२}$

$= ३\cdot१४''$

भूमध्यरेखा पर प्रक्षेपान्तर $= \frac{२\pi R \times \text{प्रक्षेपान्तर}}{३६०}$

$= \frac{२ \times ३\cdot१४१६ \times १५}{३६०} = \cdot२६$

भूमध्य रेखा से १५वीं अक्षांश की दूरी $= R \sin १५ = \cdot२५८''$

,, ,, ३०,, ,, ,, $= R \sin ३० = \cdot५''$

,, ,, ४५,, ,, ,, $= R \sin ४५ = \cdot७०७''$

,, ,, ६०,, ,, ,, $= R \sin ६० = \cdot८६०''$

,, ,, ७५,, ,, ,, $= R \sin ७५ = \cdot९६५''$

,, ,, ध्रुव की दूरी ,, $= R \sin ९०° = १''$

उपरोक्त मापों द्वारा प्रक्षेप की रचना की जा सकती है। (देखिए चित्र ८०)

विशेषताएँ

(१) अन्य बेलनाकार प्रक्षेपों की भाँति इस प्रक्षेप पर भी अक्षांश तथा देशान्तर सरल रेखाओं द्वारा प्रदर्शित किए जाते हैं जो एक दूसरे को समकोण पर काटती हैं।

(२) अक्षांश रेखाओं के बीच की दूरी समान नहीं होतीं है। जैसे-जैसे भूमध्य रेखा से दूर हटते जाते है, अक्षांश रेखाओं के बीच की दूरी घटती जाती है।

(३) सभी अक्षांश भूमध्य रेखा की लम्बाई के बराबर होते हैं, फलस्वरूप भूमध्य रेखा से जितना दूर हटते जाते हैं अक्षांशीय मापक बढ़ता जाता है।

(४) इस प्रक्षेप पर अक्षांशीय मापक में जितनी वृद्धि होती है, देशान्तर मापक उसी अनुपात में घटता है। फलस्वरूप क्षेत्रफल शुद्ध रहता है। इसीलिए इसे सम-क्षेत्र प्रक्षेप भी कहा जाता है।

(५) भूमध्य रेखा से दूरस्थ क्षेत्रों में आकार विकृत हो जाते हैं।

उपयोग

चूँकि यह एक सम-क्षेत्र प्रक्षेप है, अतः इस पर किसी वस्तु का विश्व-वितरण प्रदर्शित किया जा सकता है। परन्तु उच्च अक्षांशों में क्षेत्रों का आकार इतना विकृत हो जाता है कि इस प्रक्षेप का प्रयोग एक मात्र अवाँछनीय हो जाता है। अतएव उसे ४५° उ० तथा द० अक्षांश के बीच के क्षेत्रों के लिए सफतापूर्वक अपनाया जा सकता है। इस प्रकार इस प्रक्षेप पर चावल, रबड़, गन्ना तथा कहवा आदि गर्म देशों की उपजों के वितरण को सुगमतापूर्वक प्रदर्शित कर सकते हैं। जई तथा चकन्दर आदि के विश्व-वितरण के लिए यह अनुपयुक्त है।

मरकेटर प्रक्षेप अथवा बेलनाकार शुद्ध-आकृति प्रक्षेप
(Mercator's Projection or Cylindrical Orthomorphic Projection)

हालैण्ड के निवासी गरहार्ड क्रेमर (Gerhard Kramer) ने इस प्रक्षेप को सन् १५६९ में संसार के सामने रक्खा। चूँकि उनका लातीनी नाम मरकेटर था अतः यह प्रक्षेप मरकेटर प्रक्षेप कहलाने लगा। इसे बेलनाकार शुद्ध आकृति प्रक्षेप भी कह सकते हैं। वास्तव में प्रस्तुत मरकेटर प्रक्षेप वास्तविक प्रक्षेप का संशोधित रूप है जिसे एडवर्ड राइट नामक अंग्रेज ने मरकेटर के तीस वर्ष पश्चात बनाया था। इसे बहुत लोक प्रियता प्राप्त हुई। ग्रेट ब्रिटेन के एटलसों का मुख्य प्रक्षेप बन गया। इस प्रक्षेप की लोकप्रियता का सबसे बड़ा कारण यह था कि इसके ऊपर दिशा शुद्ध दिखाई जाती थी तथा इसका प्रयोग जलयान चलाने में बहुत हुआ। चूँकि १९वीं शताब्दी में ग्रेट ब्रिटेन विश्व की सबसे बड़ी जल-शक्ति थी, अतएव मरकेटर प्रक्षेप को अत्यधिक मान्यता प्राप्त हुई। विषवत् रेखा से दूरस्थ क्षेत्रों में क्षेत्रफल में काफी वृद्धि हो जाती है। अतः ब्रिटिश साम्राज्य जो अधिकाँशतः मध्य अक्षांशों के बीच प्रशस्त था इस प्रक्षेप पर अधिक विस्तृत लगता था। अतएव मनोवैज्ञानिक दृष्टिकोण से भी यह स्वभाविक था कि ग्रेट ब्रिटेन में इसे इतनी मान्यता प्राप्त हो। वास्तव में इस प्रक्षेप ने देशों के क्षेत्रों के संबंध में भ्रमात्मक दृष्टिकोण को बल दिया। उदाहरणार्थ इस प्रक्षेप पर सोवियत यूनियन शेष यूरेशिया तथा अफीका से कड़ा लगता है। ग्रीनलैण्ड जो दक्षिणी अमेरिका के दसवें अंश के बराबर है, इस प्रक्षेप पर दक्षिणी अमेरिका से बड़ा लगता है। साथ ही इस प्रक्षेप के अत्यधिक प्रयोग से पृथ्वी की गोलाकृति की कल्पना को बड़ी ठेस लगी है क्योंकि इस प्रयोग ने मस्तिष्क पर यह गहरी लगा दी है कि पृथ्वी चौरस है। इस प्रक्षेप पर उत्तरी अमेरिका तथा यूरोप के बीच की दूरी अटलांटिक महासागर पर सबसे कम लगती है, तदनुकूल अन्य किसी छोटे ध्रुवीय मार्ग की कल्पना नहीं की जा सकती। इस बीसवीं शताब्दि के वायु युग में मरकेटर प्रक्षेप का विशेष महत्व नहीं रह गया है।

रचना-सिद्धान्त

इस प्रक्षेप की दो प्रमुख विशेषतायें ये हैं:—

(१) यह एक शुद्ध आकृति प्रक्षेप है।

(२) इस पर दिशा शुद्ध दिखाई जाती है।

मरकेटर प्रक्षेप का मूलाधार शुद्ध आकृति (Orthomorphism) हैं। परन्तु इस विशेषता का प्रयोग संकुचित रूप में ही हुआ है। आकृति थोड़े क्षेत्र पर ही शुद्ध रहती है। जब अक्षांशीय विस्तार बढ़ जाता है, आकृति स्वभाविकतः विकृत हो जाती है। आकृति की शुद्धता का अर्थ यह है कि लम्बाई तथा चौड़ाई का अनुपात समान रहता है। दूसरे शब्दों में यदि किसी आयत की लम्बाई ३ सें० मी० है तथा चौड़ाई २ सें० मी० है यदि इसकी लम्बाई चौड़ाई को एक ही अनुपात में बढ़ा दिया जावे तो भी उसकी आकृति शुद्ध रहेगी। यदि इसकी लम्बाई ६ सें० मी० और चौड़ाई ४ सें मी० कर दी जावे तो लम्बाई चौड़ाई का अनुपात पूर्ववत् (३ : २) रहेगा अतः आकृति शुद्ध रहेगी। यह बात निम्नांकित चित्र से स्पष्ट होगी।

चित्र ८१

अन्य बेलनाकार प्रक्षेपों की भाँति इस प्रक्षेप पर भी सभी अक्षांशों की लम्बाई विषवत् रेखा के बराबर होती है। परन्तु ग्लोब पर अक्षांशों की लम्बाई विषवत् रेखा से उत्तर दक्षिण में घटती जाती है। इसका तात्पर्य यह है कि इस प्रक्षेप पर प्रत्येक अक्षांश रेखा की लम्बाई बढ़ा दी जाती है तथा बढ़ोतरी की मात्रा प्रत्येक अक्षांश रेखा पर भिन्न भिन्न है। यह लम्बाई पूर्व पश्चिम दिशा में बढ़ाई जाती हैं विषवत रेखा के समीप की अक्षांश-रेखायें पूर्व पश्चिम में अपेक्षाकृत कम बढ़ाई जाती हैं तथा दूरस्थ अक्षांश रेखायें अपेक्षाकृत अधिक। जैसे जैसे विषवत रेखा के उत्तर तथा दक्षिण में चलते हैं लम्बाई बढ़ने का अनुपात बढ़ता जाता है। १° उ० तथा द० अक्षांश पर वृद्धि के अनुपात २° उ० तथा द० अक्षांश पर वृद्धि के अनुपात से कम तथा २° उ० तथा द० अक्षांश पर ३० उ० तथा द० अक्षांश पर वृद्धि के अनुपात से कम होती है। ६०° उ० तथा द० अक्षांश रेखाओं की लम्बाईं विषवत रेखा की लम्बाई के बराबर करने के लिए दुगुनी हो जाती है और ध्रुवों पर पूरब पश्चिम वृद्धि अनन्त होती है।

अन्य सब अक्षांशों की लम्बाइयों में इसलिए वृद्धि करनी पड़ी कि सब की लम्बाई विषवत रेखा के बराबर हो। परन्तु इस प्रक्षेप में आकृति भी सदैव ठीक रक्खी जाती है। अतएव लम्बाई केवल पूर्व पश्चिम में ही नहीं वरन् उत्तर दक्षिण में भी बढ़ाई जाती है तथा वृद्धि का अनुपात समान रखा जाता है। इसलिए लंबाई जितनी पूर्व पश्चिम में बढ़ाई जाती है ठीक उसी अनुपात में उत्तर दक्षिण में भी। फलस्वरूप आकृति शुद्ध रहती है और दिशा भी। क्योंकि एक विन्दु के चारों ओर लम्बाई में समानुपातिक वृद्धि हुई है। यदि १° उ० तथा द० अक्षांश की लम्बाई में १·०००२ गुनी वृद्धि हुई तो विषवत रेखा से १° उत्तर दक्षिण दूरी में भी १·०००२ गुनी वृद्धि की जाती है। इसी प्रकार २° उ० तथा द० अक्षांश की लम्बाई मे १·०००६ गुनी वृद्धि हुई तो १° तथा २° उत्तर दक्षिण दूरी में भी १·००० गुनी वृद्धि की जाती है। इसी प्रकार ६०° उ० तथा द० अक्षांश की लम्बाई में दुगुनी वृद्धि होती है। ५९°·तथा६०° के बीच की उत्तर दक्षिण दूरी मे दुगुनी वृद्धि हो जाती है। ध्रुवों पर पूर्व पश्चिम दिशा में अनन्त वृद्धिहोती है। अतः वहाँ उत्तर दक्षिण दूरी में भी अनन्त वृद्धि हो जाती है जिसके परिणामस्वरूप ध्रुवों को मरकेटर प्रक्षेप पर प्रदर्शित नहीं किया जा सकता। इस प्रकार विषवत रेखा से किसी अक्षांश की दूरी ज्ञात करने के लिये एक सूत्र की रचना की जा सकती है जिसमें १° अक्षांश-दूरी को यथोचित वृद्धि से गुणित करके सब अक्षांशों के बीच की दूरी का योग प्राप्त किया जा सकता है। उसे संक्षिप्त रूप में इस प्रकार व्यक्त किया जा सकता है।

किसी अक्षांश की पूर्व-पश्चिम दूरी की वृद्धि

$$= \frac{\text{विषवत् रेखा की वास्तविक लम्बाई}}{\text{अमुक अक्षांश की वास्तविक लम्बाई}} = \frac{2\pi R}{2\pi R \cos \text{lat.}}$$

$$= \sec \text{lat.}$$

यदि विषवत् रेखा से किसी अक्षांश की दूरी y तथा कोण ϕ है, तो इस प्रकार होगा :—

$$\frac{dy}{Rd\phi} = \sec\phi$$

$$\therefore\ y = R\int \sec\phi\, d\phi$$

$$= R\log_e(\sec\phi + \tan\phi)$$

$$२\cdot३०२६\ R\log\tan\left((४५^\circ + \frac{\phi}{२}\right)$$

पूर्व-पश्चिम तथा उत्तर-दक्षिण में समानुपातिक वृद्धि के परिणामस्वरूप दिशा शुद्ध बनी रहती है।

चित्र ८२ (अ) चित्र ८२ (ब)

यह उपरोक्त चित्रों से स्पष्ट है। चित्र ८२ (अ) में AB विषवत् रेखा तथा CD एक अक्षांश है। CD को पूर्व-पश्चिम में बढ़ाकर EF के बराबर कर दिया गया है जो AB के बराबर है। चूंकि उत्तर-दक्षिण में वृद्धि हो गई है अतः CD प्रक्षेप पर GH द्वारा प्रदर्शित किया गया है, C बिन्दु G तथा D बिन्दु H का स्थान ग्रहण कर लेता है। यह स्पष्ट है कि A D तथा AH की दिशा एक ही है। इसी प्रकार चित्र ८२ (ब) में MN, QR द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। पूर्ववत् दिशा KN, AR द्वारा प्रदर्शित की जाती। इस चित्र से यह भी स्पष्ट है कि पूर्व-पश्चिम तथा उत्तर-दक्षिण दूरियों में एक बिन्दु पर समान वृद्धि होती है। (DF=FH तथा NP=PR)

रचना विधि

Mathematical Construction:—दिये हुये मापक के अनुसार R ज्ञात कीजिये। E Q विषवत् रेखा को $२\pi R$ के बराबर खींचिये। E तथा Q पर लम्ब खड़े कीजिये। उपरोक्त सूत्र [$y = २\cdot३०२६\, R\log\tan\left(४५^\circ + \frac{\phi}{२}\right)$] के आधार पर अन्यान्य अक्षांश रेखाओं की दूरियों को ज्ञात कीजिये तथा उन्हें लम्बों पर अंकित कीजिये। संगति बिन्दुओं को मिला दीजिये। ये अक्षांश रेखायें होंगी। देशान्तर रेखाओं को खींचने के लिये विषवत् रेखा को अभीष्ट भागों ($\frac{३६०}{\text{प्रक्षेपान्तर}}$) में बांटिये तथा विषवत् रेखा पर लम्ब खींचिये। ये देशान्तर रेखायें होंगी।

उदाहरणः $\frac{१}{५००,०००,०००}$ मापक पर एक मरकेटर प्रक्षेप की रचना कीजिये जब कि प्रक्षेपान्तर २०° हो। $R = \frac{२५०,०००,०००}{५००,०००,०००} = \frac{१}{२}''$

विषवत् रेखा की की लम्बाई $= २\pi R = २\times\pi\times\cdot५$

$= २\times३\cdot१४१६\times\cdot५ = ३\cdot१४१६''$

विषवत् रेखा से २०° उ० तथा द० अक्षांश की दूरी

$$= २\cdot३ \times \cdot५ \times \log \tan \left(४५ + \frac{२०}{२}\right)$$

$$= २\cdot३ \times \cdot५ \times \cdot१५४८ = \cdot१७८''$$

" " " ४०° " " $$= २\cdot३ \times \cdot५ \times \log \tan \left(४५ + \frac{४०}{२}\right)$$

$$= २\cdot३ \times \cdot५ \times \cdot३३१३ = \cdot३८''$$

" " " ६०° " " $$= २\cdot३ \times \cdot५ \times \log \tan \left(४५ + \frac{६०}{२}\right)$$

$$= २\cdot३ \times \cdot५ \times \cdot५७१९ = \cdot६३६''$$

" " " ८०° " " $$= २\cdot३ \times \cdot५ \times \log \tan \left(४५ + \frac{८०}{२}\right)$$

$$= २\cdot३ \times \cdot५ \times १\cdot०५८० = १\cdot२१६''$$

चित्र ८३

Graphical Construction :—विषवत् रेखा की लम्बाई $२\pi R$ लीजिये। प्रक्षेपान्तर के अनुसार उसके अभीष्ट भाग कीजिये। यदि प्रक्षेपान्तर १०° है तो संसार के मानचित्र के लिये विषवत रेखा को $\frac{३६०}{१०} = ३६$ भागों में बाँटना होगा। इन विभागों के विन्दुओं से विपवत् रेखा के सहारे लम्ब खींचिये तथा किन्हीं दो लम्बों के सहारे अक्षांश रेखाओं की दूरी निम्नांकित तालिका के अनुसार नियत कीजिये। दूरी नियत करने वाले विन्दुओं से भूमध्य रेखा के समानान्तर पड़ी हुई रेखा खींचिये। मरकेटर प्रक्षेप तैयार हो जायेगा।

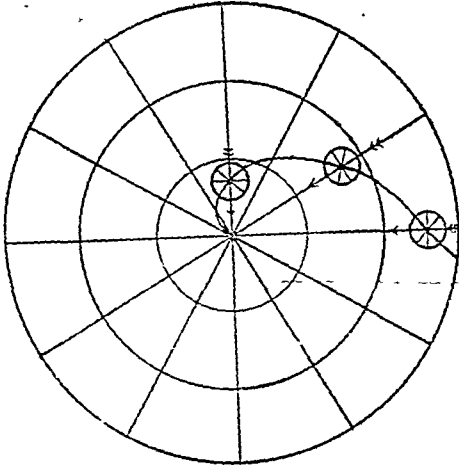
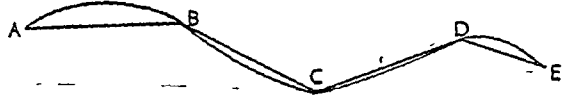
तालिका ४

विषवत् रेखा से अर्धव्यास के अनुपात में दूरी :—

अक्षांश				
५°	०००	०००	०००	·०८७ R
१०°	०००	०००	०००	·१७५ R
१५°	०००	०००	०००	·२६५ R
२०°	०००	०००	०००	·३५६ R
२५°	०००	०००	०००	·४५० R
३०°	०००	०००	०००	·५४९ R
३५°	०००	०००	०००	·६५२ R
४०°	०००	०००	०००	·७६३ R
४५°	०००	०००	०००	·८८० R
५०°	०००	०००	०००	१·०११ R
५५°	०००	०००	०००	१·१५३ R
६०°	०००	०००	०००	१·३१७ R
६५°	०००	०००	०००	१·५०५ R
७०°	०००	०००	०००	१·७३६ R
७५°	०००	०००	०००	२·०२५ R
८०°	०००	०००	०००	२·४३७ R
८५°	०००	०००	०००	३·१३२ R

वृहत् वृत्त (Great Circle), दिक मान रेखा (Loxodrome) तथा मरकेटर प्रक्षेप (Mercator's Projection)

समय तथा धन की वचत के लिए सभी जलयान लघुतम दूरी वाले मार्ग का अनुसरण करते हैं। ऐसे लघुतम दूरी वाले मार्ग को ग्लोब पर वृहत वृत्त के चाप द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। ये वृहत वृत्त विषवत् रेखा को छोड़कर किसी अन्य अक्षांश-वृत्त के अनुरूप नहीं होते है वरन् ये उत्तरी गोलार्द्ध में अक्षांश-वृत्तों के उत्तर तथा दक्षिण गोलार्द्ध में अक्षांश-वृत्त के दक्षिण से गुजरते हैं। इसका कारण यह है कि ग्लोव पर विषवत् रेखा से जितना दूर हटते जाते हैं अक्षांश-वृत्तों की दूरियाँ घटती जाती हैं। वृहत वृत्त वक्र रेखा द्वारा प्रदर्शित किया जाता है, सरल रेखा द्वारा नहीं। इसलिए यदि कोई जलयान वृहत वृत्त के मार्ग का अनुसरण करे तो उसे प्रक्षेप पर वक्र मार्ग का अनुसरण करना पड़ेगा। इसका अर्थ यह हुआ कि जलयान को स्थानान्तर मार्ग वदलना पड़ेगा जो किसी भी जलयान के लिये एक मात्र असम्भव है। परन्तु मरकेटर प्रक्षेप की एक और विशेषता यह कि इस पर दिक्मान रेखा (Loxodrome or Rhumb Line) शुद्ध दिशा दिखाने के साथ-साथ सदैव एक ही दिशा दिखाती है। यह प्रक्षेप पर खींची हुई सभी अक्षांश तथा देशान्तर रेखाओं को एक ही कोण पर काटती है। शुद्ध दिशा का रहस्य यह है कि किसी विन्दु पर पूर्व-पश्चिम तथा उत्तर-दक्षिण मापक समान रहता है ग्लोव की भांति प्रक्षेप पर भी अक्षांश तथा देशान्तर रेखायें एक दूसरे पर लम्बवत होती हैं। शुद्ध दिशा की विशेपता के कारण ही चालक जलपान की दिशा सदैव दिक्मान रेखा के सहारे रहता है।

इस प्रकार हमारे सामने दो विभिन्न वस्तुयें हैं : वृहत वृत्त जो विन्दुओं के बीच की लघुतम दूरी वताते हैं परन्तु वक्र रेखाओं द्वारा प्रदर्शित किये जाते हैं तथा (२) दिक्मान रेखायें (Loxodrome) जो दो विन्दुओं के बीच की शुद्ध दिशा बतलाते हैं परन्तु सरल रेखाओं द्वारा प्रदर्शित की जाती हैं। इन दोनों के सुन्दर समन्वय द्वारा मरकेटर प्रक्षेप से लाभ उठाया जा सकता है। वृहत वृत्त-मार्ग को कई दिक्मान रेखाओं (Loxdrome) में वाँटकर जलयान उनके सहारे चलाया जा सकता है। मान लीजिये कि ABCDE वक्र मार्ग की रेखा है जिसे AB, BC, CD तथा DE दिक्मान रेखाओं (Loxodrome) में विभाजित किया जा सकता है। यद्यपि इस प्रकार मार्ग कुछ अधिक लम्बा हो जावेगा परन्तु इसमें लाभ यह है कि जलयान को केवल B, C तथा D आदि विन्दुओं पर ही मार्ग परिवर्तित करना पड़ता है। अतः मरकेटर प्रक्षेप पर दिक्मान रेखाओं का महत्व सर्वोपरि है।

चित्र ८४ (अ) चित्र ८४ (ब)

मापक तथा मरकेटर प्रक्षेप
(Scale and Mercator's Projection)

इस बात की ओर पहले ही संकेत किया जा चुका है कि मरकेटर प्रक्षेप पर अक्षांश वृत्तों के सहारे तथा उनके बीच की दूरियां शुद्ध नहीं होती हैं। इसलिए प्रत्येक अक्षांश वृत्त के मापक भिन्न होते हैं जो sec lat. मान से सम्बन्धित होता है। यदि विषवत् रेखीय मापक १" = १०० मील के हों तो १° उ० तथा द० अक्षांश पर मापक १" × sec १° = १०० मील के होगा, ३०° उ० तथा द० अक्षांश मापक १" × sec ३०° = १०० मील के होगा, इत्यादि।

इसे ग्राफ द्वारा भी प्रदर्शित किया जा सकता है। OX अक्ष का अनुदैर्ध्य १" सौ मील की दूरी को प्रदर्शित करता है। यह विषवत् रेखीय मान है क्योंकि X अक्ष विषवत् रेखा के अनुरूप है। OY अक्ष का अनुदैर्ध्य अक्षांश प्रक्षेपान्तर १०° है जो ग्राफ पर '२५" दूरी से प्रदर्शित किया गया है।

विशेषताएँ

(१) अक्षांश तथा देशान्तर रेखायें दोनों-सरल रेखाओं द्वारा प्रदर्शित की जाती हैं।

(२) ग्लोब की भाँति इस प्रक्षेप पर भी अक्षांश तथा देशान्तर रेखाएं एक दूसरे को समकोण पर काटती हैं।

(३) देशान्तर रेखाओं के बीच की दूरी समान होती है।

(४) अक्षांश रेखाओं के बीच की दूरी समान नहीं होती है। उनके बीच की दूरी विषवत् रेखा के उत्तर तथा दक्षिण जाने में बढ़ती जाती है।

(५) यह एक शुद्ध आकृति प्रक्षेप है, परन्तु इस पर लघु क्षेत्र में आकृति ठीक होती है। विस्तृत क्षेत्र पर आकृति विकृत हो जाती है। मान अनुपात की अतिशयोक्ति के कारण उच्च अक्षांशों में आकृति बहुत विकृति हो जाती है।

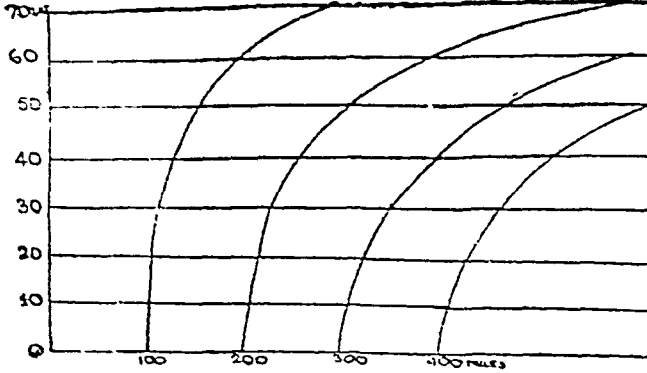
(६) दो विन्दुओं के बीच की दिशा शुद्ध होती है। अतएव दिशा-सूचक विन्दु अपनी शुद्ध दिशा के परिचायक होते हैं। मार्ग दिग्दर्शक पत्रों तथा ऋतु-पत्रों में इस विशेषता का लाभ उठाया जा सकता है।

(७) इस प्रक्षेप में केवल विषवत् रेखा पर शुद्ध दूरी प्रदर्शित की जाती है।

(८) मापक के स्थानान्तर परिवर्तन के फलस्वरूप इस प्रक्षेप पर क्षेत्रफल शुद्ध नहीं दिखाया जाता है। केवल विषवत् रेखा के सहारे जहाँ मापक शुद्ध होता है, क्षेत्रफल तथा आकृति दोनों ही शुद्ध होते हैं।

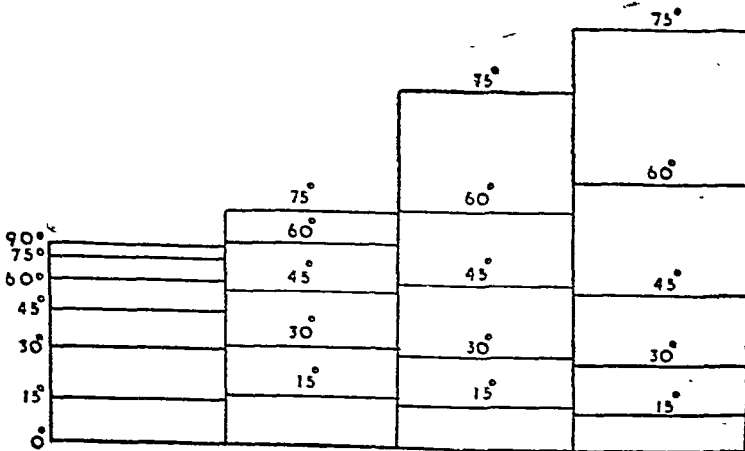
(२) इस प्रक्षेप पर ध्रुव एक बिन्दु के स्थान पर एक अनन्त दूरी वाली रेखा द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। अतएव ध्रुवों पर क्षेत्रफल का विस्तार अनन्त हो जाता है। इस कारण ८५° से आगे मरकेटर प्रक्षेप पर प्रदर्शित करना नितान्त असंभव हो जाता है।

उपयोग

इस प्रक्षेप का मुख्य उपयोग जलयानों के मार्गों को नियत करना है। इसलिये जलयान-संचालन के लिए यह प्रक्षेप अत्यन्त महत्वपूर्ण है। चूँकि इस प्रक्षेप पर संपूर्ण विश्व को प्रदर्शित किया जा सकता है अतः इसका उपयोग और भी बढ़ जाता है। बहुत से एटलसों में इसे संसार के मानचित्रों के लिए भी प्रयोग किया गया है जब कि उन पर जलयान-मार्ग प्रदर्शित नहीं किये गये हैं।

चित्र ८५

बेलनाकार प्रक्षेपों की तुलना

सभी बेलनाकार प्रक्षेपों की सार्व विशेषतायें निम्नलिखित हैं :—

(१) अक्षांश तथा देशान्तर रेखायें सरल रेखाएँ होती हैं।
(२) अक्षांश तथा देशान्तर रेखाएँ एक-दूसरे को समकोण पर काटती हैं।
(३) सभी बेलनाकार प्रक्षेपों में अक्षांश-रेखाओं की लम्बाई विषवत् रेखा के बराबर होती हैं।

चित्र ८६

(४) सभी बेलनाकार प्रक्षेपों में देशान्तर रेखाओं के बीच की दूरी समान होती है।
(५) अक्षांश-मापक केवल विषवत् रेखा पर शुद्ध होता है, परन्तु इसकी अन्य उप-विशेषताएँ भिन्न होती हैं जैसे साधारण बेलनाकार प्रक्षेप में अक्षांश-रेखाएँ विषवत् रेखा से दूरस्थ क्षेत्रों में निकट हो जाती हैं। मरकेटर

तथा प्रतिविम्ब बेलनाकार प्रक्षेप में विषवत् रेखा से दूरस्थ क्षेत्रों में अक्षांश-रेखाओं के बीच की दूरी बढ़ती जाती है। केवल शुद्ध क्षेत्र प्रक्षेप में क्षेत्रफल शुद्ध होता है तथा मरकेटर में दिशा। अन्य अन्तरों के लिए सभी बेलनाकार प्रक्षेपो का उपरोक्त वर्णन पढ़िए।

उपरोक्त चित्र में

बाईं ओर से प्रथम	शुद्ध क्षेत्र बेलनाकार प्रक्षेप
,, द्वितीय	साधारण ,, ,,
,, तृतीय	मरकेटर ,, ,,
,, चतुर्थ	प्रतिबिम्ब ,, ,,

के अक्षांश-रेखाओं के बीच की दूरियों का सम्बन्ध प्रदर्शित किया गया है।

खण्ड य

संशोधित प्रक्षेप (Conventional Projection)

गोलाकार प्रक्षेप (Globular Projection)

इस प्रक्षेप की रचना बहुत ही सरल है। इस पर संसार के गोलार्द्धों को प्रदर्शित किया जाता है। इसके मूल रूप में जिसे फादर फोर्नियर (Father Fornier S. J.) ने सन १६४३ मे संसार के सम्मुख उपस्थित किया था, देशान्तर रेखाओं को अण्डाकार वृत्तों (Ellipses) द्वारा प्रदर्शित किया जाता था। सन १६६० मे आई० बी० निकोलोसी (I. B. Nicolosi) ने इसे संशोधित किया तथा अण्डाकार वृत्तों के स्थान पर वृत्त-खण्डों का प्रयोग किया। सन १७९३ में ए० ऐरोस्मिथ (A. Arrowsmith) ने इसे गोलाकार प्रक्षेप (Globular Projection) के रूप में ही पुनः प्रयोग किया।

रचना-विधि

यहाँ एक गोलार्द्ध के क्षेत्र को वृत्त द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। मान लीजिए कि r गोलाकार प्रक्षेप का अर्धव्यास तथा R पृथ्वी का अर्धव्यास है, तो

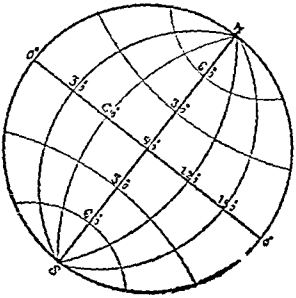
$$\pi r^2 = 2\pi R^2$$

$$\therefore \quad r = \sqrt{2}R$$

यदि मापक १ : २५०,०००,००० हो

तो $r = \sqrt{2} \times 1 = 1{\cdot}414''$

चित्र ८७

अब १·४१४" अर्धव्यास वाला एक वृत्त खीचिये। इस पर विषवत् रेखा तथा केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा को खीचिए। दोनों को समान भागों में विभाजित किया जाता है। यदि प्रक्षेपान्तर ३०° हो तो $\frac{180}{30} = 6$ भाग होंगे तथा प्रत्येक की लम्बाई $\frac{2{\cdot}828}{6} = {\cdot}471''$ होगी।

अब वृत्त की परिधि पर ३०° उ० तथा द० अक्षांश-कोण खीचिये। अक्षांश-वृत्तों के लिए अंकित संगतीय विन्दुओं से चापवृत्त खीचिये जो केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा के संगतीय विन्दुओं से गुजरें। देशान्तर रेखाओं को ध्रुवों तथा विषवत् रेखा के संगतीय विन्दुओं से गुजरते हुए चाप-वृत्तों द्वारा प्रदर्शित किया जायेगा। (चित्र नं० ८७ को देखिए।)

विशेषताएँ

(१) विषवत रेखा को छोड़कर अन्य अक्षांश-रेखायें वृत-खण्डों द्वारा प्रदर्शित की जाती हैं।
(२) केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा को छोड़कर अन्य देशान्तर रेखायें भी वृत-खण्डों द्वारा प्रदर्शित की जाती हैं।
(३) विषवत् रेखा तथा केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा दोनों को बराबर-बराबर भागों में बाँटा जाता है।
(४) यह प्रक्षेप न तो शुद्ध क्षेत्र प्रक्षेप है और न शुद्ध आकार प्रक्षेप। इस प्रक्षेप अक्षांश तथा देशान्तर रेखायें एक दूसरे को समकोण पर नहीं काटती हैं। न किसी विन्दु पर ही चतुर्दिश मापक शुद्ध होता है। इसी कारण से आकृति विकृत हो जाती है।

प्रयोग

इस प्रक्षेप को एटलसों में गोलार्द्धों के मानचित्रों के लिए प्रयोग किया गया है, यद्यपि इसमें कोई विशेष गुण नहीं है।

मालवीड प्रक्षेप

(Mollweide Projection)

कार्ल बी० मालवीड (Karl B. Mollweide) नामक के एक जर्मन विद्वान ने इस प्रक्षेप का आविष्कार किया था। इसी विद्वान के कुल के नाम मालवीड का अनुसरण करके प्रक्षेप का नामकरण हुआ। यह बैबीनेट का समक्षेत्र प्रक्षेप (Babinet's Equal Surface Projection) भी कहलाता है। इस प्रक्षेप पर सारे संसार का मानचित्र खींचा जा सकता है। इस पर अक्षांश रेखाएँ सरल रेखाओं द्वारा प्रदर्शित की जाती हैं तथा देशान्तर (केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा तथा ९०° पू० तथा प० देशान्तर को छोड़कर) अण्डाकार वृत्तों (Ellipses) द्वारा प्रदर्शित किये जाते हैं। देशान्तरों के अण्डाकार वृत्ताकार होने के कारण यह प्रक्षेप अण्ड वृत्ताकार प्रक्षेप (Eliptical Projection) भी कहलाता है।

रचना-विधि

Graphical Construction—इस प्रक्षेप की रचना इस प्रकार की जाती है कि समस्त ग्लोब का क्षेत्रफल एक ही मानचित्र पर प्रदर्शित हो जाता है। समस्त ग्लोब का क्षेत्रफल अण्डाकार वृत्त की सीमान्त देशान्तर रेखाओं द्वारा प्रदर्शित हो जाता है। इसलिए आधे अण्डाकार वृत्त का क्षेत्रफल भी कुल ग्लोब के आधे क्षेत्रफल के बराबर होता है। इस प्रकार ९०° देशान्तरीय वृत्त का क्षेत्रफल एक गोलार्द्ध के क्षेत्रफल के बराबर होता है।

यदि वृत्त का अर्द्धव्यास r तथा ग्लोब का अर्द्धव्यास R हो,

$$\text{तो} \qquad \pi r^2 = 2\pi R^2$$

$$\therefore \qquad r = \sqrt{2}R.$$

इस प्रकार वृत्त का अर्द्धव्यास $(\sqrt{2}R = 1{\cdot}4142R)$ ज्ञात हो गया।

इस अर्द्धव्यास को लेकर एक वृत्त खींचिए। यह वृत्त गोलार्द्ध को प्रदर्शित करता है। अब इस वृत्त के व्यास को पूर्व-पश्चिम दोनों ओर बढ़ाइए और इसी वृत्त के अर्द्धव्यास के बराबर भाग दोनों ओर से काट लीजिए। इस प्रकार इस रेखा की पूरी लम्बाई ४ × १·४१४ R होगी। यह रेखा विषवत् रेखा है। अन्य अक्षांश-रेखाएँ विषवत् रेखा के समानान्तर सरल रेखाओं द्वारा प्रदर्शित की जाती हैं। परन्तु प्रश्न यह है कि अक्षांश-रेखाएँ विषवत् रेखा से कितनी दूर पर खींची जावें। इसके लिए निम्नांकित तालिका का प्रयोग किया जाता है। इस तालिका की सहायता से अभीष्ट अक्षांश रेखाओं के बिन्दुओं को नियत कीजिए तथा उन बिन्दुओं से विषवत् रेखा के समानान्तर रेखाएँ खींचिए।

तालिका ५[1]

अक्षांश	विषवत रेखा से		अक्षांश-रेखा की दूरी
५°	·०६८५ r	अथवा	·०९६९ R
१०°	·१३६८ r	,,	·१९३८ R
१५°	·२०४७ r	,,	·२८९४ R
२०°	·२७२० r	,,	·३८४६ R
२५°	·३३८५ r	,,	·५२१३ R
३०°	·४०४० r	,,	·५७१३ R
३५°	·४६८० r	,,	·६६२० R
४०°	·५३१० r	,,	·७४३० R
४५°	·५९२० r	,,	·८३७१ R
५०°	·६५१२ r	,,	·९२०७ R

1. Deetz and Adams: Elements of Map Projections, p. 153 (1934).

५५°	·७०८० r	,,	१·००११ R
६०°	·७६२४ r	,,	१·०७८० R
६५°	·८१३८ r	,,	१·१५०७ R
७०°	·८६१९ r	,,	१·२१८२ R
७५°	·९०६१ r	,,	१·२८१२ R
८०°	·९४५४ r	,,	१·३३६८ R
८५°	·९७८४ r	,,	१·७३६४ R
९०°	१·०००० r	,,	१·४१४ R

तालिका ६

अक्षांश	प्रक्षेपान्तर	अक्षांश	प्रक्षेपान्तर
५°	·९९७७ X I. E.	५०°	·७५८९ X I. E.
१०°	·९९०६ X I. E.	५५°	·७०६२ X I. E.
१५°	·९७८८ X I. E.	६०°	·६४७१ X I. E.
२०°	·९६२३ X I. E.	६५°	·५८११ X I. E.
२५°	·९४१० X I. E.	७०°	·५०७१ X I. E.
३०°	·९१४८ X I. E.	७५°	·४२३२ X I. E.
३५°	·८८३६ X I. E.	८०°	·३२५९ X I. E.
४०°	·८४७४ X I. E.	८५°	·२०६८ X I. E.
४५°	·८०५९ X I. E.	९०°	·०००० X I. E.

उपरोक्त तालिकाओं की सहायता से अक्षांश-रेखाओं को खींचिए। भूमध्य रेखा तथा अन्य अक्षांश-रेखाओं को अभीष्ट भागों में बाँटिए $\left(\frac{३६०}{\text{प्रक्षेपान्तर}}\right)$ और विभाजक-विन्दुओं को वक्र रेखाओं द्वारा मिला दीजिए। ये रेखायें अण्डाकार वृत्त होंगी।

अक्षांश-रेखायें गोलार्द्ध को प्रदर्शित करने वाले वृत्त के विन्दु पर कोण बनाकर भी खींची जा सकती हैं, परन्तु ये कोण अक्षांश-कोणों के समान नहीं होते। निम्नांकित तालिका से अक्षांशों के समकक्ष कोणों का ज्ञान किया जा सकता है। जहाँ पर कोण बनाने वाली रेखा वृत्त की परिधि को काटे, वहीं से भूमध्य रेखा के समानान्तर अक्षांश रेखा होगी।

तालिका ७

अक्षांश	संगतीय कोण
१०°	८° ५′
२०°	१५° ४०′
३०°	२४° ०′
४०°	३२° ०′
५०°	४०° ३०′
६०°	४९° २५′
७०°	५९° ३०′
८०°	७१° ०′
९०°	९०° ०′

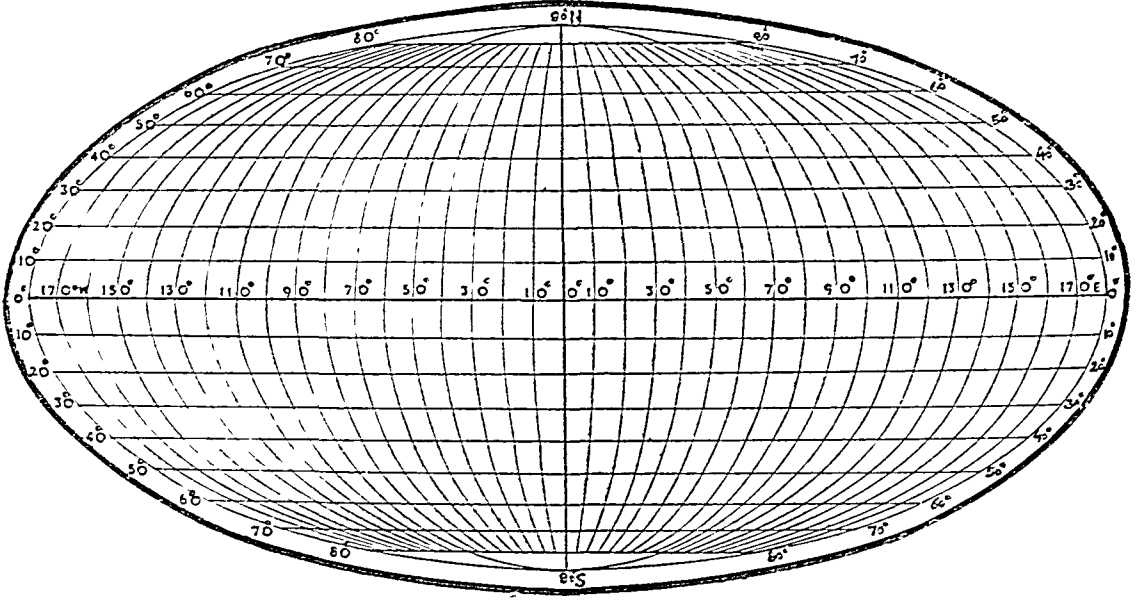
उदाहरण :—मापक १: २५०,०००,००० पर संसार के लिए एक मालवीड प्रक्षेप (Mollweide Projection) तैयार कीजिए जब कि प्रक्षेपान्तर २०° हो।

मापक के अनुसार पृथ्वी का अर्धव्यास $= \frac{२५०,०००,०००}{२५०,०००,०००} = १''$

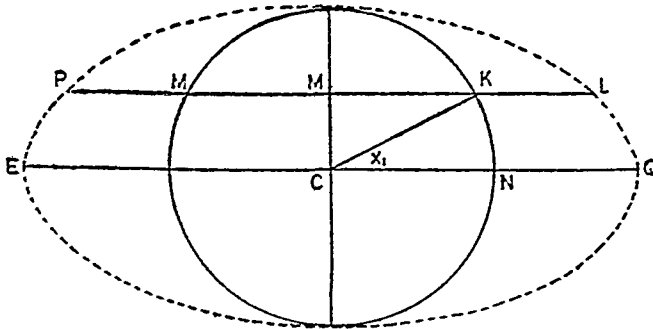
∴ प्रक्षेप पर गोलार्द्ध प्रदर्शित करने वाले वृत्त का

अर्धव्यास = १ × १·४ = १·४"

विषवत् रेखा की लम्बाई १·४ × ४ = ५·६"

∴ विषवत् रेखा पर प्रक्षेपान्तर दूरी = $\frac{५·६ \times २०}{३६०}$ इंच = ·३१"

चित्र ८८

अब इस प्रक्षेप संबंधी दी हुई उपरोक्त तालिकाओं में से किसी का उपयोग करके अक्षांश-रेखायें खींचिए तथा उनके सहारे प्रक्षेपान्तर दूरियाँ उन्हें अभीष्ट भागों में बाँटकर नियत कीजिए। अक्षांश-रेखाओं के विभाजक विन्दुओं को वक्र रेखाओं द्वारा मिलाइये। अभीष्ट माल्वीड प्रक्षेप तैयार हो जावेगा। (चित्र ८८ को देखिये)

Mathematical Construction :—इस प्रक्षेप की रचना की मुख्य समस्या केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा पर अन्यान्य अक्षांश रेखाओं को नियत करना ही है। इसे ग्लोब की पेटी तथा संगतीय अण्डाकार वृत्त की पेटी की तुलना द्वारा हल किया जा सकता है। मान लीजिए कि अण्डाकार वृत्त की पेटी EQLP ग्लोब की उस पेटी के

चित्र ८९

संगत है जो विषवत रेखा तथा अक्षांश x के बीच पड़ती है। ग्लोब पर इस पेटी का क्षेत्रफल $= २\pi R^2 \sin x.$ अण्डाकार वृत्त (चित्र ९०) पर यह क्षेत्रफल CQLM के समान है। CQLM का क्षेत्रफल = CNKM के दूने क्षेत्रफल के, अतः EQLP = ४ CNKM.

अब CNKM का क्षेत्रफल = △CKM + द्वैत्रिज्य (Sector) CNK $= \frac{१}{२} r^2 \sin x \cos x + \frac{१}{२} r^2 x$ (जब x का मूल्य radians में प्रदर्शित किया जाता है)

$$\therefore २\pi R^2 \sin x = ४(\frac{१}{२} r^2 \sin x_1 \cos x_1 + \frac{१}{२} r^2 x_1)$$

$$\therefore २\pi R^2 \sin x = ४ \times २R^2 (\frac{१}{२} \sin x_1 \cos x_1 + \frac{१}{२} x_1)$$

[r के स्थान पर $\sqrt{२} R$ रखने से]

$$\pi \sin x = ४ (\frac{१}{४} \sin २x_1 + \frac{१}{२} x_1)$$

$$\therefore \pi \sin x = \sin २x_1 + २x_1$$

उपरोक्त सूत्र में x अक्षांश तथा x_1 अण्डाकार वृत्त का समकक्ष कोण है। जब x का मूल्य ज्ञात हो, तो x का मूल्य ज्ञात करने में विशेष कठिनाई नहीं है। परन्तु यह स्मरण रखना चाहिए कि x_1 का मूल्य radians में ही प्रदर्शित तैयार किया जाता है। मान लीजिए कि

$$x_1 = ४०^\circ = ०·६९८१ \text{ radians}$$
$$२x_1 = १·३९६२ \text{ radians}$$
$$\sin २x_1 = ०·९८४८$$
$$\therefore \pi \sin x = ०·९८४८ + १·३९६२ = २·३८१०$$
$$\therefore \log (\pi \sin x) = ०·३७६८$$
$$\log \pi + \log \sin x = ०·३७६८$$
अथवा
$$\log \sin x = ०·३७६८ - ०·४९७१$$
$$\sin x = \bar{१}·८७९१$$
$$x_1 = ४९·१९$$

इस प्रकार अन्य समकक्ष कोणों का मूल्य ग्राफ की सहायता से ज्ञात किया जा सकता है और निम्नांकित ढंग से तालिका तैयार की जा सकती है।

जब $x_1 = १०^\circ, x = १२^\circ ४३''$
अथवा जब $x = १०^\circ$ $x = ८^\circ ५'$
जब $x_1 = २०, x = २५^\circ १६''$
अथवा जब $x_1 = २०^\circ, x = १५^\circ ४०'$ इत्यादि

∴ प्रक्षेप पर भूमध्य रेखा से १०वें अक्षांश की दूरी

$$= \sqrt{२} \sin ८^\circ ५'$$
$$= १·४१४ \times ०·१३९२R$$
$$= ०·१९२८ R$$

अथवा r के शब्दों में

$$= ०·१९२८ \times ०·७०७ r = ०·१३९१४$$

इस प्रकार तालिका ७ को तैयार किया जाता है।

जब X = १०वें, विषवत रेखा से अक्षांश-रेखा की दूरी $= ०·१९२८ R$ अथवा $०·१३७ r$ इत्यादि।

विशेषताएँ

(१) अक्षांश रेखायें विषवत् रेखा के समानान्तर सरल रेखाये होती हैं।

(२) अक्षांश रेखाओं के बीच की दूरी बराबर नहीं होती है। विषवत् रेखा से उत्तर तथा दक्षिण चलने पर यह दूरी कम होती जाती है।

(३) केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा सरल रेखा होती है (उसकी लम्बाई विषवत रेखा की आधी होती है) तथा ९०° पू० तथा प० देशान्तर वृत्त बनाते हैं। अन्य सभी देशान्तर रेखायें अण्डाकार वृत्त (Ellipse) होती है।

(४) यह एक समक्षेत्र प्रक्षेप है।

(५) सम्पूर्ण प्रक्षेप के लिए एक ही मापक काम नही दे सकता। हरेक अक्षांश रेखा के लिए एक पृथक मापक की आवश्यकता होती है। इस प्रक्षेप पर विषवत रेखा का मापक भी शुद्ध नहीं होता (विषवत रेखा की वास्तविक लम्वाई $२\pi R$ होती है किन्तु इस प्रक्षेप पर उसकी लम्वाई $४\sqrt{२}R$ होती है। इस प्रकार विषवत रेखा अपनी वास्तविक लम्बाई से छोटी होती है।)

(६) केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा से दूर हटने पर देशान्तरों के सहारे दुरियाँ वास्तविक दूरी से अधिक लम्बी प्रदर्शित की जाती हैं।[1]

(७) इस प्रक्षेप पर प्रदर्शित किए हुए क्षेत्र की आकृति विकृत हो जाती है। इसलिए यह प्रक्षेप शुद्ध आकृति प्रक्षेप नहीं है।

उपयोग

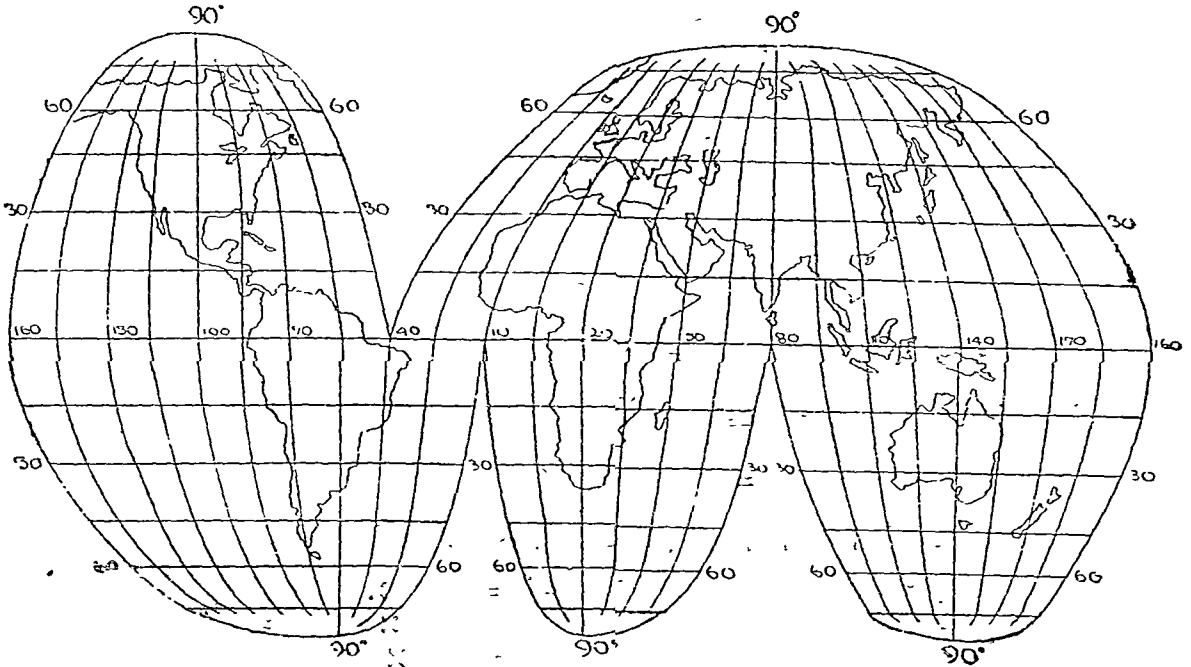
समक्षेत्र प्रक्षेप होने के नाते इस प्रक्षेप का उपयोग उन मानचित्रों के लिए किया जाता है जिनमें किसी वस्तु का वितरण दिखाया जाता है। सैन्सन फलैमस्टीड-प्रक्षेप की अपेक्षा इस प्रक्षेप पर आकृति अधिक शुद्ध रहती है और जब समस्त संसार का मानचित्र खींचना हो तो आकृति का कुछ ठीक होना भी बड़ा लाभप्रद होता है। स्टीयर्स के शब्दों में "The chief use of the Mollweide Homolographic Projection is for geographic illustration relating to area, such as the distribution and density of population or the extent of forests and the like."[2]

होमोलोग्रैफिक विच्छिन्न अथवा पुनः केन्द्रित मालवीड प्रक्षेप

(Homolographic or Interrupted or Recentred Mollweide Projection)

यह प्रक्षेप मालवीड प्रक्षेप पर ही आधारित है। सन १९१६ में प्रो० जे० पी० गुड (Prof. J. P. Goode) ने मालवीड प्रक्षेप में संशोधन करके इसकी रचना की तथा इसे होमोलोग्रैफिक प्रक्षेप (Homolographic Projection) के नाम से सम्बोधित किया[3]। मालवीड में एक केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा होती है जिसके फलस्वरूप प्रक्षेप के किनारों पर आकृति बहुत विकृत हो जाती है। उदाहरणार्थ ग्रीनविच से केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा मानने पर संयुक्त राज्य अमेरिका जिसे १००° दे० दो भागों में विभाजित करती है, की आकृति बहुत विकृत हो जाती है। इस त्रुटि को दूर करने के लिए प्रो० गुड ने एक के स्थान पर अनेक केन्द्रीय मध्यान्ह रेखाएँ चुनीं। इस प्रकार मालवीड प्रक्षेप का दोष बहुत कुछ कम हो गया तथा चुने हुए क्षेत्रों की आकृति भी ठीक बनी रही। परन्तु इस प्रक्षेप पर वे क्षेत्र जो चुने हुए क्षेत्रों के बीच में पड़ जाते हैं प्रदर्शित नहीं किए जाते। इस प्रकार प्रक्षेप विच्छिन्न हो जाता है और उस पर चुने हुए क्षेत्रों, जो कि महत्वपूर्ण हैं, को ही भलीभाँति प्रदर्शित कर सकते हैं, अन्य को नहीं।

---

1. Kellaway : Map Projections. p. 71.
2. Steers, J. A. : Study of Map Projections, p. 197 (1947).
3. Ibid p 197-200. Also Kellaway : Map Projections, pp. 112-3.

चित्र ९०

रचना-विधि

केन्द्रीय मध्यान्ह रेखाओं को चुनिए। साथ ही उन देशान्तरों को भी चुनिए जिन पर प्रक्षेप विच्छिन्न करना है। इनके चुनाव में यह बात ध्यान देने योग्य है कि केन्द्रीय मध्यान्ह रेखायें तथा विच्छिन्न मध्यान्ह रेखायें विषवत् रेखा के दोनों ओर एकान्तर हों। इसकी रचना मालवीड प्रक्षेप की भाँति हो की जाती है। इसमें विषवत रेखा की कुल लम्बाई $४\sqrt{२}$ R तथा केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा की लम्बाई $\sqrt{२}$ R होती है जबकि R पृथ्वी का अर्धव्यास हो। विषवत रेखा को अभीष्ट भागों $\left(\frac{३६०}{\text{प्रक्षेपान्तर}}\right)$ में विभाजित कीजिए तथा देशान्तरों को अंकित कर दीजिए।

अब चुनी हुई मध्यान्ह रेखाओं के लम्ब खींचिए। मालवीड प्रक्षेप में दी हुई तालिका के अनुसार केन्द्रीय मध्यान्ह रेखाओं पर विषवत् रेखा से विभिन्न अक्षांशों की दूरी नियत कीजिए। इन नियत किए विन्दुओं से विषवत रेखा के समानान्तर रेखाएँ खींचिए। अब अन्यान्य अक्षांशों के प्रक्षेपान्तर $४\sqrt{२}$ R cos lat (अथवा उपरोक्त तालिका ६) से नियत कीजिए। केन्द्रीय मध्यान्ह रेखाओं से पूर्व पश्चिम अक्षांश-रेखाओं पर प्रक्षेपान्तर नियत कीजिए जब तक कि निश्चित देशान्तर न आ जाय। अब संगतीय विन्दुओं को मिला कर देशान्तर रेखाएँ प्राप्त कीजिए।

उदाहरण :—मापक १ : २५०,०००,००० पर संसार के मानचित्र के लिए एक विच्छिन्न मालवीड प्रक्षेप (Interrupted Mollweide Projection) की रचना कीजिए जब कि प्रक्षेपान्तर १५° हो।

सबसे पहले उन देशान्तर रेखाओं का चयन करना है जो विभिन्न महाद्वीपों में केन्द्रीय स्थिति को प्राप्त हैं। संसार के मानचित्र पर विहंगम दृष्टि डालने से पता चल जाता है कि उत्तरी गोलार्द्ध में—

१००° प० दे० उत्तरी अमेरिका

८०° पू० दे० यूरेशिया

तथा दक्षिणी गोलार्द्ध में––

५५° प० दे० दक्षिणी अमेरिका
२०° पू० दे० अफ्रीका
१४०° पू० दे० आस्ट्रेलिया
के लिए अभीष्ट देशान्तर हैं।

उत्तरी गोलार्द्ध में विच्छिन्न देशान्तर ४०° प० दे० तथा दक्षिणी गोलार्द्ध में १०° प० दे० तथा ८०° पू० दे० है।

$$R = \frac{२५०,०००,०००}{२५०,०००,०००} = १''$$

विषवत् रेखा की लम्बाई $= ४\sqrt{२} = ४ \times १.४१४ = ५.६५६''$

विषवत् रेखा पर प्रक्षेपान्तर-दूरी $= \frac{५.६५६ \times १५}{३६०} = ०.२३५''$

केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा की लम्बाई $= २\sqrt{२} = २.८२८''$

विषवत् रेखा से अन्यान्य अक्षांशों पर प्रक्षेपान्तर दूरियाँ

१५° वीं अक्षांश पर प्रक्षेपान्तर-दूरी $= ०.२३५ \times ०.९७८८ = ०.२३४$
३०° „ „ „ „ $= ०.२३५ \times ०.९१४८ = ०.२१४$
४५° „ „ „ „ $= ०.२३५ \times ०.८०५९ = ०.१९$
६०° „ „ „ „ $= ०.२३५ \times ०.६४७१ = ०.१५२$
७५° „ „ „ „ $= ०.२३५ \times ०.४२३२ = ०.०९८७$

विषवत् रेखा से अन्यान्य अक्षांशों की दूरियाँ

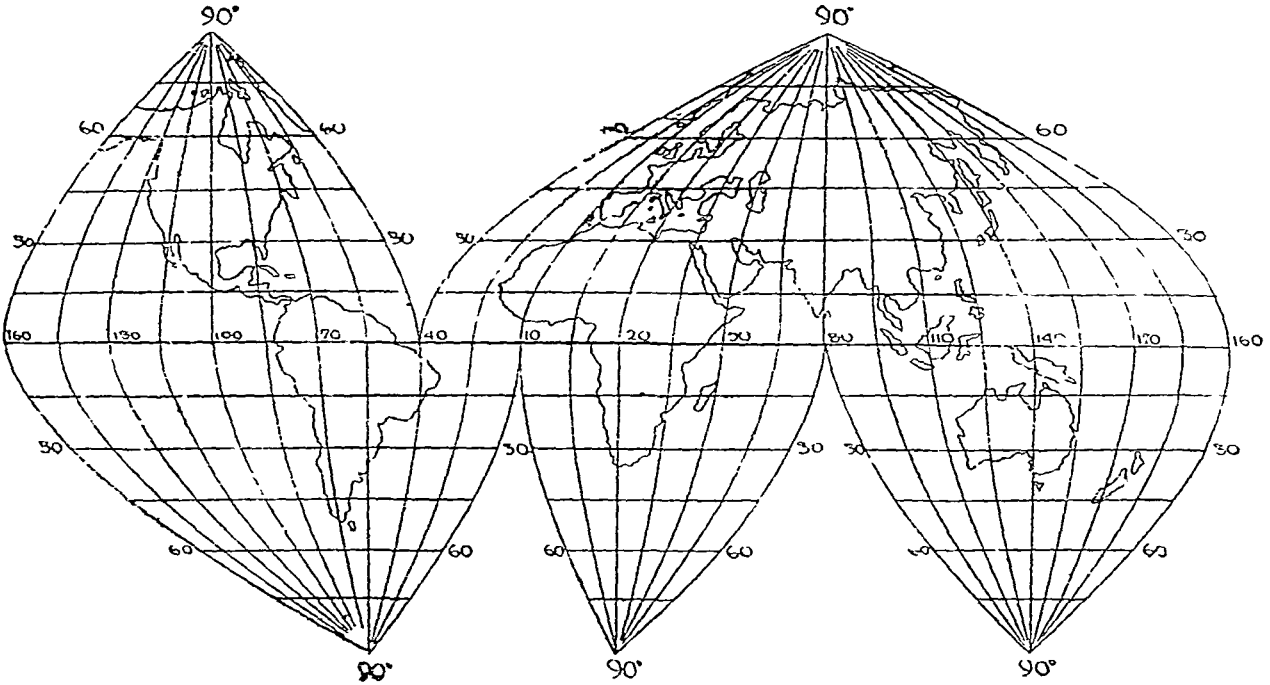
१५° वीं अक्षांश की दूरी $= ०.२८९४R = ०.२८९''$
विषवत् रेखा से ३०° वीं अक्षांश-दूरी $= ०.५७१३R = ०.५७१''$
„ „ ४५° „ „ $= ०.८३७१R = ०.८३७''$
„ „ ६०° „ „ $= १.०७८०R = १.०७८''$
„ „ ७५° „ „ $= १.२८१२R = १.२८१''$

अब १००° प० दे०, ८०° पू० दे०, ५५° प० दे०, २०° पू० दे०, तथा १४०° पू० दे०, की केन्द्रीय मध्यान्ह रेखायें खींचिये। इन पर प्रक्षेपान्तर-दूरियों को अंकित कीजिए तथा अंकित विन्दुओं से विषवत् रेखा के समानान्तर अक्षांश-रेखायें खींचिए। अक्षांश-रेखाओं पर केन्द्रीय मध्यान्ह रेखाओं के पूर्व-पश्चिम प्रक्षेपान्तर-दूरियाँ अंकित कीजिये तथा संगतीय विन्दुओं को मिलाकर देशान्तर खींचिये। विच्छिन्न मालवीड प्रक्षेप (Interrupted Mollweide Projection) तैयार हो जावेगा।

होमोलोसाइन अथवा विच्छिन्न अथवा पुनः केन्द्रित साइनूस्वाइडल प्रक्षेप
(Homolosine or Interrupted or Recentred Sinusoidal Projection)

यह प्रक्षेप भी प्रो० जे० पी० गुड (Prof J. P. Goode) की देन है जिन्होंने होमोलोग्रैफिक तथा साइनूस्वाइडल के मिश्रण से होमोलोसाइन प्रक्षेप (Homolosine Projection) को जन्म दिया। जैसा कि हम पहले देख चुके हैं कि साइनूस्वाइडल प्रक्षेप (Sinusoidal Projection) में आकृति बहुत विकृत हो जाती है। इस त्रुटि को दूर करने के लिये प्रो० गुड ने विच्छेन्न मालवीड प्रक्षेप (Interrupted Mollweide Projection) की भाँति अनेक मध्यान्ह रेखाओं को चुनकर विच्छिन्न मालवीड प्रक्षेप (Interrupted Mollweide Projection) की भाँति अनेक मध्यान्ह रेखाओं को चुनकर साइनूस्वाइडल प्रक्षेप (Sinusoidal Projection) का भी विच्छन्न रूप प्रस्तुत किया और उसे होमोलोसाइन प्रक्षेप (Homolosine Projection) के नाम से सम्वोधित किया। वास्तव में जव किसी वस्तु का विश्व-वितरण अभीष्ट हो तो यह साइनस्वाइल प्रक्षेप (Sinusoidal Projection) की अपेक्षा बहुत उपयोगी सिद्ध होता है।

रचना विधि

सर्व प्रथम उन देशान्तरों का चयन कीजिए जिन्हें केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा मानना है साथ ही उन देशान्तरों का भी चयन कीजिए जहाँ प्रक्षेप को विच्छिन्न करना है। यह विधि विच्छिन्न मालवीड प्रक्षेप (Interrupted Mollweide Projection) की भाँति ही सम्पन्न की जावेगी। [अब २π R दूरी लेकर विषवत रेखा खींचिए (ध्यान रहे विच्छिन्न मालवीड प्रक्षेप में विषवत रेखा की लम्बाई $४\sqrt{२}$ R के बराबर होती है। तथा उसे अभीष्ट भागों $\left(\frac{३६०}{\text{प्रक्षेपान्तर}}\right)$ में विभाजित कीजिए। विषवत रेखा के दोनों ओर $\frac{२\pi R}{४}$ दूरी लेकर अभीष्ट केन्द्रीय मध्यान्ह रेखाओं पर प्रक्षेपान्तर-दूरियाँ अंकित कीजिए जो विषवत रेखा की प्रक्षेपान्तर-दूरियों के ही समान होंगी। विभाजित विन्दुओं से विषवत् रेखा के समानान्तर रेखायें खींचिए। इन अक्षांश-रेखाओं पर भी केन्द्रीय मध्यान्ह रेखाओं के पूर्व-पश्चिम (विच्छिन्न देशान्तरों तक) प्रक्षेपान्तर दूरियाँ $\left(२\pi \text{ R cos. lat.} \frac{\text{प्रक्षेपान्तर}}{३६०}\right)$ अंकित कीजिए तथा संगतीय विन्दुओं को मिलाकर देशान्तर रेखायें प्राप्त कीजिए। विच्छिन्न साइनूस्वाइडल प्रक्षेप (Interrupted Sinusoidal Projection) तैयार हो जावेगा।

चित्र ९१

उदाहरण :— मापक १: २५०,०००,००० पर संसार के मानचित्र के लिए एक विच्छिन्न साइनूस्वाइडल प्रक्षेप Interrupted Sinusoidal Projection) की रचना कीजिए जब कि प्रक्षेपान्तर १५° हो।

इस प्रक्षेप के लिए चुनी हुई देशान्तर रेखायें निम्नांकित होंगी :—

१००° प० दे०	उत्तरी अमेरिका	उत्तरी गोलार्द्ध
८०° पू० दे०	यूरेशिया	
५५° प० दे०	दक्षिणी अमेरिका	दक्षिणी गोलार्द्ध
२०° पू० दे०	अफ्रीका	
१४०° पू० दे०	आस्ट्रेलिया	

विच्छिन्न रेखाये उत्तरी गोलार्द्ध के लिए ४०० प० दे० तथा दक्षिणी गोलार्द्ध के लिए १०°प० दे० तथा ८०° पू० दे० होंगी।

विषवत् रेखा की लम्बाई $= २\pi R$
$= २ \times ३\cdot१४६ \times १ = ६\cdot२८''$

विषवत् रेखा तथा केन्द्रीय मध्यान्ह रेखाओं पर

प्रक्षेपान्तर-दूरियां $= ६\cdot२८ \times \frac{१५}{१६०} = ०\cdot२६''$

अन्य अक्षांशों पर प्रक्षेपान्तर-दूरी	$= ०\cdot२६ \cos lat$
१५° वी अक्षांश पर प्रक्षेपान्तर-दूरी	$= ०\cdot२६ \times ०\cdot९६ = ०\cdot२४९''$
३०° ,, ,, ,,	$= ०\cdot२६ \times ०\cdot८६ = ०\cdot२२३''$
४५° ,, ,, ,,	$= ०\cdot२६ \times ०\cdot७० = ०\cdot१८२''$
६०° ,, ,, ,,	$= ०\cdot२६ \times ०\cdot५० = ०\cdot१३०''$
७५° ,, ,, ,,	$= ०\cdot२६ \times ०\cdot२६ = ०\cdot०६७''$

उपरोक्त गणना के आधार पर प्रक्षेप की रचना की जा सकती है।

खण्ड य

प्रक्षेपों का चुनाव

(Choice of Map Projections)

उपरोक्त प्रक्षेपों के अध्ययन से यह स्पष्ट है कि मानचित्रों का स्वभाव प्रक्षेपों पर ही अवलम्बित है। आकार, क्षेत्रफल तथा मापक की शुद्धता प्रक्षेप ही निर्धारित करते है। अतएव यह परमावश्यक है कि प्रक्षेपों का चुनाव बड़ी सावधानी से किया जावे। इस चुनाव में क्षेत्र का विस्तार, मानचित्र का उद्देश्य, आकार तथा रचना-विधि की सुगमता पर विशेष ध्यान देना चाहिए। जो प्रक्षेप डेनमार्क जैसे छोटे राष्ट्र के मानचित्र के लिए उपयुक्त है; वह सोवियट संघ अथवा संयुक्त राज्य अमेरिका के मानचित्र के लिए सर्वथा अनुपयुक्त हो सकता है. जो ध्रुवीय क्षेत्रों के मानचित्रों के लिए उपयुक्त है, वह गोलार्द्धों अथवा समस्त ससार के मानचित्र के लिए अनुपयुक्त हो सकता है। मानचित्र के उद्देश्य भी विविधि प्रकार के हो सकते है तथा प्रत्येक उद्देश्य की पूर्ति के लिए एक विशिष्ट प्रकार के प्रक्षेप की आवश्यकता होती है। शुद्ध क्षेत्रप्रक्षेप, शुद्ध आकृति प्रक्षेप तथा शुद्ध दिशा प्रक्षेप के अपने-अपने गुण व दोष होते है। इसी प्रकार मानचित्र के कुलक्षेत्र तथा अक्षांशीय और देशान्तरीय विस्तार पर विचार करना आवश्यक होता है। अतः एक उपयुक्त प्रक्षेप के चुनाव में इन विभिन्न दृष्टिकोणों का प्रतिपालन आवश्यक हो जाता है। वही प्रक्षेप सबसे अधिक उपयुक्त होता है जो अधिकाधिक उपरोक्त आवश्यकताओं की पूर्ति कर सके।

इन बातों को ध्यान में रखकर यह कहा जा सकता है कि साधारणतया गर्म देशों के मानचित्रों के लिए बेलनाकार प्रक्षेप (Cylindrical Projections), समशीतोष्ण प्रदेशों के लिए शंकु प्रक्षेप (Conical Projections) तथा समशीतोष्ण तथा शीत प्रदेशों के लिए शीर्ष प्रक्षेप (Zenithal Projections) उपयुक्त होते है।

समस्त ग्लोब के क्षेत्र को प्रदर्शित करने के लिए एटाफ प्रक्षेप (Aitoff's Projection) सबसे अधिक उपयुक्त है। परन्तु उसकी रचना-विधि इतनी कठिन है कि उस प्रक्षेप का प्रयोग बहुत कम किया जाता है। इसके स्थान पर मालवीड प्रक्षेप (Mollweide's Projection) बहुत लोकप्रिय है। इसका कारण यह है कि यह एक शुद्ध-क्षेत्र प्रक्षेप है तथा इसकी रचना-विधि भी अत्यन्त सुगम है। साइनूस्वाइडल प्रक्षेप (Sinusoidal or Mercator-Sanson-Flamsteed Projection) का भी प्रयोग किया जाता है परन्तु इस पर क्षेत्र की आकृति बहुत विकृत हो जाती है।

हाल मे मालवीड तथा साइनूस्वाइडल प्रक्षेपों (Mollweide Projection and Sinusoidal Proection) के विच्छिन्न रूपों का प्रयोग बहुत बढ़ गया है क्योंकि इन पर क्षेत्र की शुद्धता के साथ-साथ आकार की शुद्धता भी अपेक्षाकृत अधिक प्राप्त होती है। गीनविच मध्यान्ह रेखा को केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा मानने पर उत्तरी अमेरिका का मानचित्र बहुत विकृत हो जाता है। इसी कारण संयुक्त राज्य अमेरिका मे विच्छिन्न प्रक्षेपों का

प्रचलन बहुत बढ़ गया है तथा विदेशों में भी तीव्रगति से उसका अनुकरण हो रहा है। उष्ण कटिबन्धीय प्रदेशों के लिए समक्षेत्र बेलनाकार प्रक्षेप (Cylindrical Equal-area Projection) का प्रयोग वाँछनीय है।

संसार के उन मानचित्रों के लिए जिनमें शुद्ध-क्षेत्र वाँछनीय न हो, शुद्ध आकृति प्रक्षेप (Conformal Projection) का चुनाव अधिक श्रेयस्कर होता है। इनके लिए बहुधा मरकेटर प्रक्षेप (Mercator Projection) ही चुना जाता है। इस सम्बन्ध में जार्ज विलियम हिल (George William Hill) का निम्नांकित अवतरण उल्लेखनीय है :—

"Maps being used for a great variety of purposes many differnt methods of projecting them may be admitted; but when chief end is to present to the eye a picture of what appears on the surface of the earth, we should limit our selves to projections which are conformal. And, as the construction of the reseau of meridians and parallels is, except in maps of small regions, an important part of the labour involved, it should be composed of the most easily drawn curves. Accordingly, in a well-known memoir, Lagrange recomended circles for this purpose in which the straight line is inclued as being a circle whose centre is at infinity.'

जब क्षेत्रफल की शुद्धता अधिक विस्तृत क्षेत्र पर वांछनीय न हो तो बोन प्रक्षेप (Bonne's Projection) सुगमता पूर्वक प्रयोग किया जा सकता है। परन्तु उष्ण कटिबंधीय प्रदेशों के लिए साइनूस्वाइडल प्रक्षेप (Sinusoidal Projection) ही उपयुक्त होगा। ३०° उ० तथा द० अक्षांशों के बीच के क्षेत्र के लिए समक्षेत्र बेलनाकार प्रक्षेप (Cylindrical Equal-Area Projection) का भी प्रयोग किया जा सकता है क्योंकि उसकी रचना बहुत सरल है तथा उपरोक्त सीमाओं के बीच भी आकृति विकृत नहीं होती।

जब क्षेत्रीय पेटियों को प्रदर्शित करना अभीप्ट हो तो दो दशाएँ हो सकती हैं: (१) क्षेत्रीय पेटी पूर्व-पश्चिम प्रशस्त हो अथवा (२) क्षेत्रीय पेटी उत्तर-दक्षिण प्रशस्त हो। ट्राँस साइबेरियन रेलवे अथवा संयुक्त राज्य अमेरिका तथा कनाडा की सीमान्त रेखा अथवा अमेरिका के ट्राँस काण्टीनेन्टल रेल-मार्गों के प्रदर्शन के लिए दो प्रामाणिक अांक्षश वाले शंकु प्रक्षप (Conical Projection with two standard Parallels) बहुत ही उपयुक्त है। चूँकि ये सभी उत्तर-दक्षिण दिशा में कुछ विस्तार से फैली हुई हैं। अतः एक प्रामाणिक अक्षांश वाले शंकु प्रक्षेप का प्रयोग वाँछनीय नहीं है। दूसरी प्रकार की क्षेत्रीय पेटी जो उत्तर-दक्षिण दिशा में प्रशस्त हो तथा विषवत् रेखा के उत्तर तथा दक्षिण में ही हो तो बोन प्रक्षेप (Bonne's Projection) का प्रयोग किया जा सकता है। यदि ऐसी पेटी विषवत् रेखा के आर-पार स्थिति हो (जैसे केप-काहिरा रेल मार्ग) तो साइनूस्वाइल प्रक्षेप (Sinusoidal Projection) का प्रयोग करना चाहिए। यदि क्षेत्रीय विस्तार पूर्व-पश्चिम ५०० मील से अधिक न हो तो बहु शंकु प्रक्षेप (Polyconic Projection) का भी प्रयोग किया जा सकता है। भारत तथा पाकिस्तान की सीमान्त रेखा को बहु-शंकु प्रक्षेप (Polyconic Projection) तथा बोन प्रक्षेप (Bonne's Projection) दोनों पर प्रदर्शित किया जा सकता है। परन्तु इन दोनों दशाओं में केन्द्रीय मध्यान्ह रेखा का चुनाव इस प्रकार करना होगा कि वह सीमान्त पेटी में केन्द्रित हो।

उच्च अक्षांशों में स्थित देशों जैसे ब्रिटिश द्वीप, आयरलैंड, पोलैण्ड तथा डेनमार्क के लिए एक प्रामाणिक अक्षांश वाला शंकु प्रक्षप (Conical Projection with one standard Parallel) उपयुक्त है। उपरोक्त विस्तृत देशों के लिए बोन (Bonne's Projection) का भी प्रयोग किया जा सकता है। बोन प्रक्षेप (Bonne's Projection) यूरोप, आस्ट्रेलिया, भारत, एशिया तथा उत्तरी अमेरिका के मानचित्रों के लिए भी प्रयोग किया जाता है। भारत, यूरोप तथा आस्ट्रेलिया के मानचित्रों के लिए बहु शंकु प्रक्षेप (Polyconic Projection) का भी प्रयोग हो सकता है। अफ्रीका महाद्वीप के लिए साइनूस्वाइडल प्रक्षेप (Sinusoidal Projection) सबसे अधिक उपयुक्त है। यद्यपि विषवत् रेखीय शीर्ष प्रक्षेप (Equatorial Zenithal Projection) तथा बेलनाकार समक्षेत्र प्रक्षेप (Cylindrical Equal Area Projection) का प्रयोग भी वांछनीय है। गोलाकार प्रक्षेप (Globular Projection) संसार के सामान्य मानचित्रों (General Maps) के लिए उपयुक्त है।

जब शुद्ध दिशा सूचक प्रक्षेप अभीप्ट हो तो मरकेटर प्रक्षेप (Mercator's Projection or Cylindrical Orthomordhic Projection) को प्रधानता दी जानी चाहिये। यह प्रक्षेप जलयानों के संचालन में बहुत

सहायक सिद्ध हुआ है क्योंकि इस पर दिक्मान रेखाओं (Loxodomes) तथा वृहत वृत्त मार्गों (Great Circle Routes) का सुन्दर समन्वय स्थापित हो जाता है। हाल में केन्द्रीय शीर्ष प्रक्षेप (Gnomonic Zenithal Projection) की लोकप्रियता बहुत बढ़ गई है क्योंकि इस पर वृहत वृत्तों (Great Circles) को सरल रेखाओं द्वारा प्रदर्शित कर सकते हैं। आज वायु-मार्गों के प्रदर्शन केन्द्रीय शीर्ष प्रक्षेप (Gnomonic Zenithal (Projection) का प्रयोग जलमार्गों के मानचित्रों तक ही सीमित है।

भू-पत्रों (Topo-Sheets) का मापक बड़ा होता है। उनके लिए ऐसे प्रक्षेप की आवश्यकता होती है जिसके आस-पास के भू-पत्र एक दूसरे से सट सकें। इस आवश्यकता की पूर्ति बहु शंकु प्रक्षेप (Polyconic Projection) के संशोधित रूप अर्थात् अन्तर्राष्ट्रीय प्रक्षेप (International Map Projection) द्वारा की जाती है।

अध्याय ४

सर्वेक्षण

खण्ड क : सामान्य

सर्वेक्षण वह कला है जिसके द्वारा भूपटल के विन्दुओं की सापेक्षिक स्थिति मानचित्र पर ठीक-ठीक प्रदर्शित की जाती है।

अन्यान्य विन्दुओं की सापेक्षिक तथा अन्तर्सम्वन्धी स्थिति के ज्ञान के लिए पहले किसी एक प्रामाणिक स्थान को मान लेना पड़ता है। उदाहरणार्थ यदि विन्दु 'क' का स्थान ज्ञात है तभी विन्दु 'ख' का स्थान नियत किया जा सकता है। हम कह सकते हैं कि 'ख' की दूरी 'क' से दो मील है। उस अवस्था में 'क' का स्थान प्रामाणिक स्थान हुआ। परन्तु केवल दूरी मात्र जान लेने से किसी स्थान को ठीक-ठीक नहीं दिखाया जा सकता। इसके लिए यह भी आवश्यक हैं कि प्रामाणिक स्थान से दूसरे स्थान की दिशा का भी ज्ञान हो। दूरी तथा दिशा दोनों का ज्ञान होने पर किसी स्थान अथवा वस्तु की स्थिति जानी जा सकती है, परन्तु अधिक ठीक स्थित के ज्ञान के लिए प्रामाणिक स्थान अथवा वस्तु की तुलना में उस स्थान की ऊँचाई भी ज्ञात होना चाहिए। इस प्रकार सर्वेक्षण की तीन मुख्य समस्याएँ है।

(१) धरातल पर दूरी नापना
(२) दिशा नापना
(३) ऊँचाई नापना।

चूँकि सर्वेक्षणकर्ता को वहुत सी नाप लेनी पड़ती है जिन्हें वह सम्भवतः स्मरण नहीं रख सकता, वह सारी नाप-जोख का क्षेत्र में ही आलेख करता जाता है। इस आलेख की सहायता से वह कार्यालय में मानचित्र तैयार कर लेता है। यह भी आवश्यक है कि सर्वेक्षणकर्ता को अमुक यंत्र की कार्य प्रणाली जिसका वह प्रयोग कर रहा है अच्छी जानकारी हो जिससे मापन शुद्ध हो तथा यंत्र सुरक्षित रहे। इस प्रकार सर्वेक्षण कर्ता के कार्य को तीन भागों में वाँटा जा सकता है :—

[अ] क्षेत्र में—

(१) दूरी, दिशा (तथा ऊँचाई) नापना।
(२) माप सम्वन्धी आँकड़ों का आलेखन।
(३) सहायक विवरण तैयार करना तथा रेखाचित्र तैयार करना।

[ब] कार्यालय में—

(१) आँकड़ों की गणना।
(२) मानचित्र खींचना तथा उसे पूर्ण करना।

[स] स्टोर में—

(१) यंत्रों की देख-रेख।

सर्वेक्षण की किस्में

सर्वक्षण क्षेत्र छोटा भी हो सकता है और वड़ा भी। जव सर्वेक्षण क्षेत्र काफी विस्तृत होता है तो सर्वेक्षण कर्ता को पृथ्वी की गोलाई को भी ध्यान में रखना पड़ता है तथा उसकी गोलाई (Curvature) को दूर करने के लिए अधिक गणना भी करनी पड़ती है। (पृथ्वी की गोलाई ३४$\frac{१}{२}$ मील में लगभग १ फुट होती है।) इस प्रकार के सर्वेक्षण को पैमाइश नजरी (Geodetic Survey) कहते हैं। छोटे क्षेत्रों में पृथ्वी की गोलाई का विशेष महत्व नहीं होता है। वहाँ सभी विन्दु एक समतल पर मान लिए जाते हैं। इस प्रकार के सर्वेक्षण को समतलीय सर्वेक्षण (Plane Survey) कहते हैं।

साधारणतया समतलीय सर्वेक्षण को निम्नांकित भागों में बाँटा जा सकता है :—

(१) भू-मापन सर्वेक्षण (Land Surveying)—जो क्षेत्रफल निकालने, क्षेत्र का बँटवारा करने अथवा क्षेत्र के मानचित्र (Cadastral Maps)—तैयार करने के लिए प्रयोग किया जाता है।

(२) स्थलाकृतिक सर्वेक्षण (Topographical Surveying)—जो बड़े क्षेत्रों के मानचित्रों को तैयार करने के लिये प्रयोग किया जाता है। जिन पर प्राकृतिक (पहाड़ियाँ, झीलें, नदियाँ आदि) तथा सांस्कृतिक (ग्राम तथा नगर, नहरें, सड़कें आदि।) स्थल विवरण को प्रस्तुत किया जाता है।

(३) भौगोलिक सर्वेक्षण (Geographical Surveying)—जो स्थलाकृतिक सर्वेक्षण (Topographical Surveying) से बहुत मिलता-जुलता है परन्तु उतना शुद्ध नहीं होता।

(४) मार्ग सर्वेक्षण (Route Surveying)—जिसमें किसी रेलवे मार्ग अथवा सड़क के किनारे-किनारे भू-मापन किया जाता है। मार्ग के आस-पास की महत्वपूर्ण वस्तुओं की स्थिति भी निश्चित कर दी जाती है।

मानचित्र बनाने की विधियाँ

मानचित्र दो विधियों से तैयार किये जाते हैं :—

(१) एक बड़े क्षेत्र का सर्वेक्षण करके उसका मानचित्र तैयार कर लिया जाता है फिर उसे छोटे-छोटे भू-पत्रों में विभाजित कर लिया जाता है।

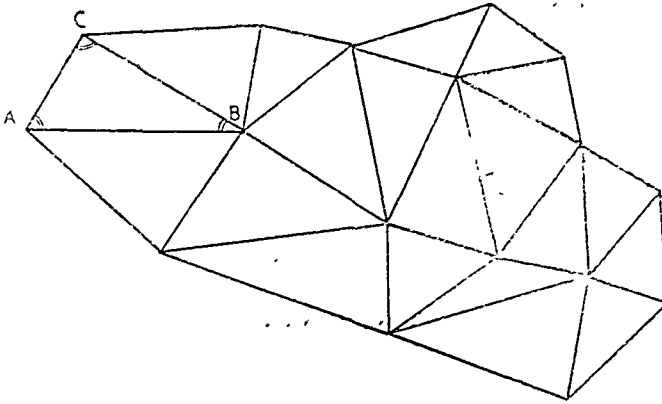
(२) छोटे-छोटे क्षेत्रों का सर्वेक्षण करके उनके मानचित्र तैयार कर लिये जाते हैं फिर उन्हें जोड़कर बड़ा मानचित्र प्राप्त कर लिया जाता है। परन्तु इस विधि को अपनाने में समय तथा धन का व्यय बहुत हो जाता है। इसलिये अब इसे नहीं अपनाया जाता है इस समय प्रथम विधि का ही प्रचलन है जिसमें समय तथा धन का व्यय भी अधिक नहीं होता है और मानचित्र भी अच्छा बन जाता है।

सर्वेक्षण की विधियाँ

इनमें दो प्रमुख हैं :—

(१) त्रिभुजीकरण (Triangulation)
(२) मार्ग-मापन (Traversing)

त्रिभुजीकरण (Triangulation)

त्रिभुजीकरण में किसी क्षेत्र को त्रिभुज में बाँट लिया जाता है। इसमें सबसे पहले क्षेत्र का सरसरी सर्वेक्षण करके प्रमुख वस्तुओं के स्थान जिन्हे त्रिभुजों के शीर्ष बनाना है, ज्ञात कर लेते हैं। पहाड़ियों की चोटियाँ उपयुक्त

चित्र ९२

शीर्ष होते है। इन्हें त्रिकोणमितीय बिन्दु (Trigonometrical Stations) कहते हैं। एक रेखाचित्र द्वारा उनके स्थान नियत कर लिये जाते हैं। इनके अतिरिक्त कुछ अन्य बिन्दु भी चुन लिये जाते है तथा समुद्रतल से उनकी ऊँचाई ज्ञात की जाती है। इन्हें स्थाई चिह्न (Bench marks) कहते हैं।

इन स्थाई चिन्हों को समोच्च रेखायें (Contours) खींचने तथा भविष्य में हवाले के लिये प्रयोग
किया जा सकता है। त्रिकोणमितीय विन्दुओं तथा स्थाई चिन्हों (Bench marks) को नियत करने को क्रमशः
प्राथमिक क्षैतिज नियंत्रण (Primary Horizontal Control) तथा प्राथमिक ऊर्ध्वाधिर नियंत्रण (Primary
vertical Control) कहते हैं।

तत्पश्चात आधार-रेखा (Base-line) को ऐसे धरातल पर लेते हैं जहाँ नाप जोख सुगमतापूर्वक हो सके।
आधार-रेखा को वहुत सावधानी तथा शुद्धता के साथ नापते हैं। आधार-रेखा नापने के वाद प्रामाणिक ढाल (standard
slope), ताप (Temperature), झुकाव (sag) तथा समुद्रतल से ऊँचाई के अनुसार उसको संशोधित किया
जाता है। पाठकों को इस संशोधन से भयभीत नहीं होना चाहिये क्योंकि आधार-रेखा (Baseline) की शुद्धता पर
ही सारे सर्वेक्षण की शुद्धता आधारित होती है तथा आधार-रेखा की लम्वाई नापने के पश्चात अन्य किसी भी रेखा की
लम्वाई नहीं नापना पड़ती है। अव थ्यूडोलाइट (Theodolite) से क्षैतिज कोणों को नाप कर गणित द्वारा अन्य
भुजाओं की लम्वाई ज्ञात कर ली जाती है। उदाहरणार्थ चित्र ९२ में यदि AC को आधार रेखा मान
लिया जावे तो AC रेखा तथा A और C कोणों को नापा जावेगा। इस प्रकार क्षेत्र के सारे कोणों और भुजाओं का
परिणाम ज्ञात हो जाता है फिर इस नाप-जोख की सहायता से मानचित्र वना लिया जाता है। अतः त्रिभुजीकरण का
अंतर्निहित सिद्धांत यह है कि यदि त्रिभुज की एक भुजा तथा दो कोण ज्ञात हों तो उसकी शेष भुजाओं तथा कोणों के
त्रिकोणमिती की सहायता से ज्ञात किया जा सकता है।

इन आँकड़ों को प्रदर्शित करने के लिए पहले एक प्रक्षेप (Map Projection) को चुन लेते हैं तथा उस
पर त्रिकोणमितीय विन्दुओं तथा स्थाई चिन्हों को नियत करने के पश्चात् प्लेनटेवुल द्वारा अन्य व्यौरे को भर दिया
जाता है।

त्रिभुजीकरण के लाभ

(१) एक वड़े क्षेत्र का मानचित्र कम समय में तैयार कर लिया जाता है।

(२) मानचित्र वहुत शुद्ध वनता है क्योंकि

(अ) क्षैतिज दूरी (Horizontal Distance) केवल एक वार नापी जाती है। चूँकि आधार-रेखा को
वड़ी सावधानी तथा शुद्धता के साथ नापा जाता है अतः अशुद्धियों का भय वहुत कम रहता है।

(व) कौणिक मापें जिन्हें वारवार नापा जा सकता है Theodolite द्वारा वहुत शुद्धतापूर्वक नापी जाती हैं।
साथ ही कोणों की नापों की जाँच भी आसानी से की जा सकती है क्योंकि पृथक-पृथक त्रिभुजों के सव कोणों का जोड़
१८०° के वरावर होता है।

(३) वड़े मानचित्र को विभक्त करके छोटे मानचित्र प्राप्त किये जा सकते हैं।

उपरोक्त वर्णन से स्पष्ट है कि त्रिभुजीकरण में आधार-रेखा की महत्ता सर्वोपरि है। नजरी सर्वेक्षण
(Geodetic Surveying) अथवा समतलीय सर्वेक्षण (Plane Surveying) जहाँ भी शुद्धता लक्ष्य होती
है, आधार-रेखा को वड़ी विधि पूर्वक नापते हैं।

समतलीय सर्वेक्षण (Plane Surveying) **में आधार-रेखा-मापन में सावधानी** :—(१) आधार-रेखा के तल
में किसी प्रकार की वाधा नहीं होनी चाहिए। यदि कुछ वृक्ष तथा झाड़ियाँ पड़ती हों तो उन्हें साफ कर देना चाहिये।
उच्च तल को काट कर तथा निम्न तल को भर कर समतल वना लेना चाहिए।

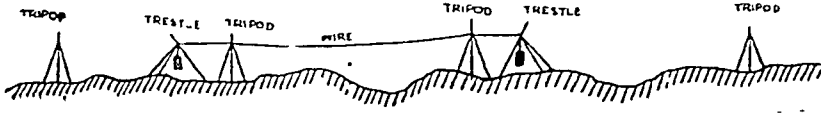
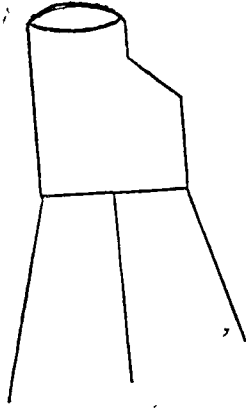
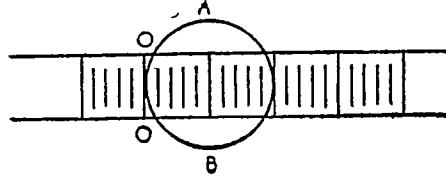
(२) अंतिम विन्दुओं (Terminal Points) को स्पष्टतया शुद्धतापूर्वक नियत करना चाहिए।

(३) आधार-रेखा वहुधा लम्वी होती है, अतः स्थानान्तर उस पर चिन्ह लगा देना चाहिए।

---

1. Bench marks are those permanent points which are fixed on buildings and walls etc, and fixed by some conspicuous oubject. (e. g., B. M. 286-42 indicates that the point marked by the arrows is 286-42 ft. above M.S. L.) They may be well utilised for future reference. The calculated R. L. (Reduced level) of each is recorded in course of levelling operation.

(४) आधार-रेखा के सहारे ढाल में परिवर्तन सम्भव है। अतएव जहाँ भी ऐसे परिवर्तन हों, उन्हें थ्यूडोलाइट (Theodolite) अथवा पन्साल (Level) से नाप लेना चाहिये।

विधि :—आधार रेखा के चयन के पश्चात सर्वेक्षण टोली (Survey Party) जिसमें दो सर्वेक्षणकर्ता तथा कई फीते वाले होते हैं, आधार रेखा को माप कर लेते हैं। फीते को धरातल पर फैलाते हैं बल्कि उसे तिटंगों (Tripods) पर टाँग देते है तथा गरियों (Pully) द्वारा तान देते हैं। (चित्र ९३ को देखिये) तिटंगे की चोटी पर व्यास खींच देते हैं जिससे माप सरलतापूर्वक पढ़ी जा सके। तिटंगे की चोटी चपटी तथा गोल होती है। (चित्र ९४ को देखिये)

चित्र ९३

चित्र ९४

चित्र ९५

इसमें प्रयोग किए गए फीते की प्रामाणिक लम्बाई १०० फुट होती है। प्रामाणिक लम्बाई वह लम्बाई होती है जो किसी ज्ञात ताप तथा तनाव पर शुद्ध हो। फीते पर ꣳ बिन्दुओं के आगे भी कुछ चिन्ह अंकित हैं। यदि यह चिन्ह तनाव वाले तिटंगों की ओर हों, तो इसका तात्पर्य यह होगा कि तिटंगा फीते के प्रामाणिक चिन्ह से पीछे है। यह चित्र नं ९५ में ꣳ तिटंगे की दाईं ओर AB से ५° दूर है, तो इसे १०० फुट में से घटाना पड़ेगा। इसी प्रकार यदि ꣳ चिन्ह दूसरी ओर होता तो उतना ही १०० फुट में जोड़ दिया जाता। इन तिटंगों की दूरियों को कार्यालय में संशोधित कर लिया जाता है। जहाँ तक हो सके, समस्त क्षेत्र में एक ही तनाव (Tension or Pull) का प्रयोग करना चाहिए जिससे फीते की लम्बाई को संशोधित करने में विशेष कठिनाई न हो।

आधार रेखा के मापन में संशोधन

(Correction or Adjustments in Base-Measurement)

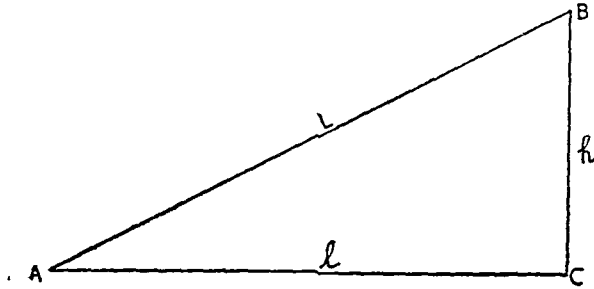
लम्बाई में संशोधन :—धनात्मक (+) अंशों को १०० फुट में जोड़ा तथा ऋणात्मक (−) अंशों को १०० फुट से घटाया जाता है और इस प्रकार दो चिन्हों के बीच की शुद्ध दूरी नियत की जाती है।

तनाव में संशोधन :—जब फीते के दोनों छोरों को बराबर-बराबर तानते हैं तथा अन्य प्रामाणिक फीते से उसकी दूरी मापने के पूर्व तथा पश्चात ले लेते हैं, तो तनाव सम्बन्धी त्रुटि बहुत कम हो जाती है।

ताप सम्बन्धी संशोधन :—फीते की प्रामाणिक लम्बाई (१०० फुट) एक ज्ञात ताप पर ही सम्भव है। यदि क्षेत्र में ताप अधिक होगा तो फीते की लम्बाई बढ़ जावेगी। इसे निम्नांकित सूत्र द्वारा शुद्ध किया जाता है—

$$Lc\ (t - t_0)$$

Where L = फीते की प्रामाणिक लम्बाई
c = फैलाव का गुणांक (Co-efficient of expansion)
t_0 = ताप जिस पर फीते की प्रामाणिक लम्बाई ली गई थी।
t = क्षेत्र में ताप

ढाल सम्बन्धी संशोधन :—मानचित्र में जितनी भी लम्बाइयों का प्रयोग किया जाता है वे क्षैतिज (Horizontal) होती हैं। अतः जो भी दूरियाँ ढाल पर नापी जाती है, उन्हें क्षैतिज दूरियों के तुल्य कर लिया जाता है। क्षैतिज दूरी (Horizontal Distance) को निम्नांकित सूत्र द्वारा ज्ञात किया जा सकता है।

चित्र १६

समकोण त्रिभुज ABC में

$$AB^2 = AC^2 + BC^2$$

$$\therefore \quad L^2 = l^2 + h^2$$

$$\text{or} \quad l^2 = L^2 - h^2$$

$$= L^2\left(1 - \frac{h^2}{L^2}\right)$$

$$l = L\left(1 - \frac{h^2}{L^2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= L\left(1 - \frac{h^2}{2L^2}\right) \text{ approximately,}$$

क्योंकि $\frac{h}{L}$ एक बहुत छोटी भिन्न है।

$$l = L - \frac{h^2}{2L}$$

l = क्षैतिज की दूरी (Horizontal Distance)

L = ढाल पर दूरी

h = AC से B की लम्बवत् ऊँचाई

जहाँ h अज्ञात हो, तो ढाल का कोण ज्ञात कर लेना चाहिये। उस दशा में शुद्ध दूरी L cos x (x = ढाल का कोण) होगी।

झुकाव (Sag) सम्बन्धी संशोधन :—जब फीता तिटंगों पर टाँग दिया जाता है तो वह सीधा नहीं रह सकता बल्कि उसमें झुकाव पड़ जाता है। इसका तात्पर्य यह हुआ कि फीते की लम्बाई वास्तविक दूरी से अधिक होती हैं। अतः वास्तविक दूरी ज्ञात करने के लिए फीते की लम्बाई में से झुकाव (Sag) की लम्बाई घटा देनी पड़ती है। इसे निम्नांकित सूत्र द्वारा ज्ञात किया जाता है।[1]

$$S = \frac{lw^2}{24t^2}$$

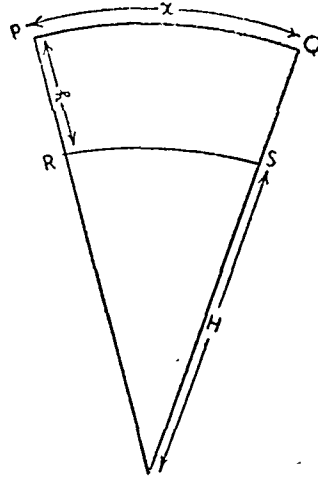
जब कि S = समतल पर पड़े हुए फीते की लम्बाई तथा लटकी हुई लम्बाई का अन्तर।

l = लटके हुए फीते की लम्बाई (फुटों में)

w = लटके हुए फीते का भार (पौंडों में)

t = तनाव (tension) (पौंडों में)

1. Close and Winterbotham : "Text book of Topographical and Geographical Surveying, p. 9 (1925)

मध्यमान समुद्रतल (M. S. L.) से ऊँचाई **सम्बन्धी संशोधन** :—यह कल्पना की जाती है कि सारी नाप-जोख मध्यमान समुद्रतल पर ही की गई हो। अतः आधार रेखा की माप को मध्यमान समुद्रतल की ऊँचाई के

चित्र ९७

तुल्य कर लिया जाता है। उपरोक्त चित्र में R S मध्यमान समुदतल है। h आधार-रेखा से मध्यमान समुद्रतल की ऊँचाई है। अतः PQ – RS शुद्धि होगी। इसे $x \times \frac{h}{R}$ सूत्र से ज्ञात कर लिया जाता है। फल को आधार-रेखा की लम्बाई में से घटा देना चाहिए।

मार्ग मापन (Traversing)

इस विधि के अनुसार सर्वेक्षणकर्ता क्षेत्र में एक विन्दु से दूसरे विन्दु तक जिसका मानचित्र बनाना है, घूमता है। जितनी भी रेखाएँ नापी जाती हैं वह चलकर पार करता है। इस विधि का प्रयोग प्रायः उस अवस्था में किया जाता है जब किसी निश्चित मार्ग के सहारे सर्वेक्षण करना हो। कभी-कभी किसी क्षेत्र की सीमाओं का भी मार्गमापन (Traversing) से सर्वेक्षण किया जाता है। इसमें धरातल पर निश्चित मार्ग के सहारे दूरी नापी जाती है और यदि आवश्यक समझा गया तो ढाल सम्बन्धी त्रुटि को गणित की सहायता से दूर कर दिया जाता है। जहाँ कहीं निश्चित मार्ग में मोड़ पर घुमाव होता है, वहाँ कोण भी नाप लिया जाता है। इस प्रकार मार्गमापन में दो मुख्य वस्तुएँ नापी जाती हैं :—

(१) सम्बद्ध रेखाओं (Connected lines) के सहारे दूरी।
(२) सम्बद्ध रेखाओं के बीच के कोण।

मार्गमापन (Traversing) विधि दो प्रकार की होती है :—(१) उन्मुक्त मार्गमापन (Open Traverse)—इसमें सर्वेक्षण कर्ता प्रथम विन्दु पर वापस नहीं आता। एक निश्चित मार्ग के सहारे भ्रमण करते-करते वह प्रारम्भ करने वाले विन्दु से भिन्न किसी अन्य विन्दु पर पहुँचता है।

(२) आकुंचित मार्गमापन (Closed Traverse)—इसमें सर्वेक्षणकर्ता प्रथम विन्दु पर वापस आता है। दूसरे शब्दों में इस मापन में प्रथम तथा अंतिम विन्दु एक ही होता है। इस प्रकार नापी हुई रेखाओं द्वारा एक क्षेत्रफल घिर जाता है और इसी कारण से इसे आकुंचित मार्गमापन कहते हैं।

यह स्मरण रखना चाहिए कि मार्गमापन में नाप-जोख (पैमाइश) बिल्कुल सही नहीं होती है। धरातल पर दूरी नापी जाने के कारण थोड़ी बहुत त्रुटि रह जाती है। परन्तु मार्गमापन विधि से लाभ यह है कि मानचित्र बहुत जल्दी तैयार हो जाता है। इसका कारण यह है कि इसमें साधारणतया दूरी तथा कोण नापे जाते हैं, उनमें पूर्ण शुद्धता नहीं रहती। यों तो अन्यान्य यंत्रों से मार्गमापन किया जा सकता है, किन्तु समपार्श्व दिक्सूचक (Prismatic Compass) तथा चेन इस कार्य के लिए बहुत उपयुक्त हैं।

खण्ड ख

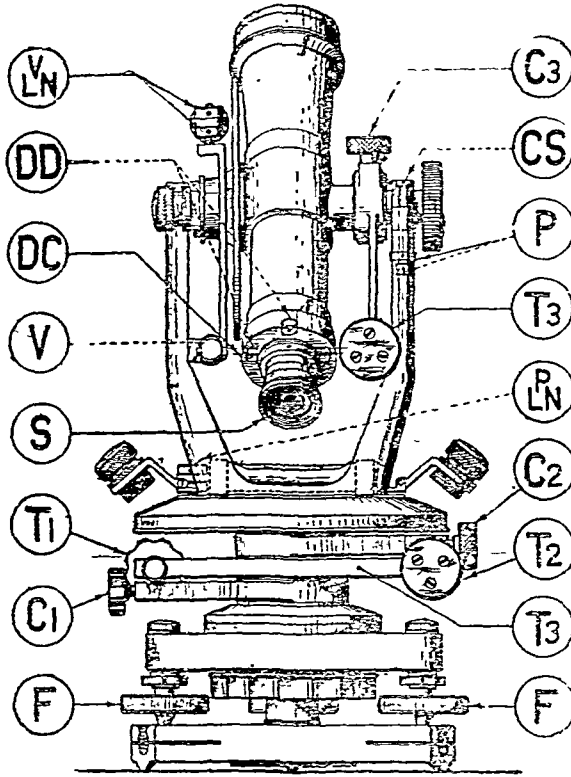
थियोडोलाइट सर्वेक्षण (Theodolite Surveying)

आज थियोडोलाइट सर्वेक्षणकर्ता का सबसे महत्वपूर्ण यंत्र है। इसकी सहायता से वह क्षैतिज तथा शीर्ष कोणों को बड़ी शुद्धता से माप सकता है। इसका प्रयोग बड़े क्षेत्रों के सर्वेक्षण में किया जाता है जिन्हें त्रिभुजीकरण द्वारा छोटे-छोटे त्रिभुजों में विभक्त कर देते हैं। एक आधार रेखा लेकर उस पर बने हुए कोणों को नाप लेते हैं तथा त्रिभुजों को पूरा कर लेते हैं। इसी प्रकार अन्य त्रिभुजों के कोण नापकर समस्त क्षेत्र का सर्वेक्षण कर लिया जाता है। जिन स्थानों से थियोडोलाइट द्वारा कोणों की माप की जाती है उन्हें त्रिकोणमितीय विन्दु (Trigonometrical Stations) कहते हैं।

Transit Theodolite का वर्णन :—इसके तीन मुख्य अंग हैं :—

(१) दृष्टक (Alidade) जिसमें Telescope, शीर्षवृत्त (Vertical Circle), क्षैतिज अक्ष (Horizontal Axis), प्रामाणिक (Telescope के y's), वर्नियर (Vernier), प्लेट (Plate), Level तथा आन्तरिक तकवा (Inner Spindle)

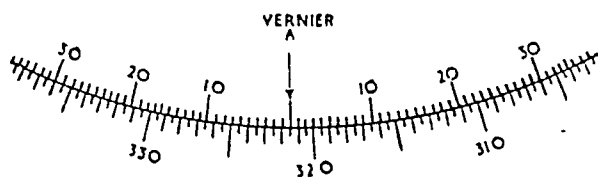
(२) क्षैतिज वृत्त जिसमें वाह्य तकवा (Outer Spindle) भी शामिल कर सकते हैं।

(३) Levelling Head जिसमें Levelling foot-screws तथा Threads को शामिल कर सकते हैं।

चित्र ९८

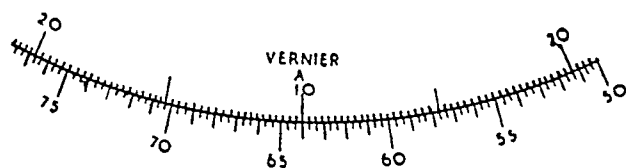
इस अगों का सञ्चालन C_1 तथा C_2 (चित्र ९८) नामक Clamping Screws से नियंत्रित किया जाता है। C_1 अथवा निचले पुर्जे से निचली प्लेट तथा Levelling Head को जड़ देते है तथा C_2 अथवा ऊपरी पुर्जे (Upper Screws) से ऊपरी प्लेट को निचली प्लेट पर जड़ देते हैं। इन दोनों मन्दगति पुर्जों

वाले पेंच (Slow motion screws or Tangent screws) C_1C_2 के कसने पर भी प्लेटों को आवश्यकतानुसार घुमाया जा सकता है जिसे दूरबीन (telescope) को दर्शक लक्ष्य पर भलीभाँति केन्द्रित कर सकते हैं। C_3 को Vertical arc clamp screw कहते हैं तथा T_3 उसका मन्दगति पेंच (Slow motion screw) है। जब C_1 तथा C_2 को कस देते हैं और C_3 को ढीला रखें तो दूरबीन (telescope) केवल अपनी ऊर्ध्वाधर अक्ष (Vertical axis) पर ही घूर्णन (Rotation) करेगी।

दूरबीन (**telescope**) के **प्रमुख अंग** :—Object glass, Eye piece, तथा Focussing Screw Object glass द्वारा अभीष्ट वस्तु का आकार बड़ा मालूम होने लगता है तथा Eye piece से Diaphragm पर बाल (hair wire) केन्द्रित किया जाता है।

Transit का वर्नियर मापक (Vernier Scale) :—साधारण वर्नियर मापक (Vernier Scale) में एक मिनट तक पढ़ा जाता है। साधारण मापक में आधे अक्ष चिन्ह होते हैं तथा प्राथमिक मापक (Primary Scale) के २९ भागों को वर्नियर के ३० भागों में बाँट दिया जाता है।

चित्र ९९

उपरोक्त चित्र में वर्नियर मापक का शून्य प्राथमिक मापक को ऐसे विन्दु पर काटता है जिसका मान ३२०° ३०' से अधिक परंन्तु ३२१° से कम है। वर्नियर मापक के सहारे-सहारे चलिए तथा उस विन्दु को ज्ञात कीजिए जहाँ वर्नियर मापक के चिन्ह प्राथमिक मापक के चिन्ह से संपात (coincidence) हो। ऐसा वर्नियर मापक १४ वें चिन्ह पर दीखता है जिससे १४ मिनट की वृद्धि स्पष्ट है। अतः कोण का माप ३२०° ३०'+१४'=३२०° ४४' होगा।

अधिक शुद्ध ट्रांजिट (Transit) में ३० सेकेन्ड वल्कि १० सेकेन्ड तक पढ़ा जा सकता है। यदि वर्नियर मापक पर २०° सेकेण्ड तक पढ़ना है तो प्राथमिक मापक को २० मिनट से भागों में वाँटिए और उनके १९ भागों को वर्नियर के २० भागों में विभाजित कीजिए।

चित्र १००

यंत्र को समतल करना (Levelling of Instrument) :—आधुनिक थियोडोलाइट यंत्रों को नीचे के पेचों (Foot screws) द्वारा समतल करते हैं। समतल करने पर लेविल (Level) की सहायता ली जाती है। दो पेंचों को एक ही दिशा में (भीतर अथवा वाहर की ओर) घुमाइये। तत्पश्चात् यंत्र को इस प्रकार घुमाइये कि वुलवुला अपनी पूर्व स्थिति के साथ ९०° का कोण बनावे। अब तीसरे पेंच को भी घुमाइये तथा वुलवुले को केन्द्रित कीजिए। माप लेते समय यंत्र को सदैव समतल में होना चाहिए। यदि ऐसा न हो तो यह समझना चाहिये कि वुलवुले वाली प्लेट (Plate Bubble) अथवा लेविल पूर्णतया शुद्ध स्थिति में नहीं हैं। ऐसी दशा में वुलवुला वाली प्लेट की ढिबरियों को कस देना चाहिए।

प्रयोग :—स्टैण्ड (Stand) को इस प्रकार रखिये कि उसका केन्द्र एक स्टेशन के ऊपर हो। चूँकि स्टैंड में स्पिरिट लेविल (Spirit level) लगा रहता है अतः वुलवुले की सहायता से उसे समतल में कर लीजिए। थियोडोलाइट (Theodolite) को तारों के ऊपर रखिए तभी उसे घड़ी की विपरीत दिशा में घुमाइये जब कि वह 'किलिक' ('Click) की ध्वनि न करे। अब थियोडोलाइट के तार स्टैंड अपने समुचित स्थान पर सट जायेंगे। ट्रांजिट की निचली प्लेट को घड़ी की दिशा में घुमाइये तथा यंत्र को स्थिर कीजिये। अब Eye piece को घुमाइ

जिससे बाल डायाफ्राम (Diaphragm) पर स्पष्ट रूप से दिखाई पड़ने लगे तत्पश्चात् दूरबीन से किसी चमकीले दर्शक लक्ष्य की ओर देखिये। फिर दूरबीन से अभीष्ट लक्ष्य की ओर देखिये।

क्षैतिज कोण (Horizontal Angle) निकालना :—वर्नियर शून्य तथा प्लेट शून्य को लगभग एक सीधी रेखा में कीजिए और पेंच C_2 को कसिये। स्पर्श पेंच T_2 की सहायता से दोनों शून्यों को एक ही सीध में कीजिये। C_2 पेंच तथा स्पर्श पेंच T_2 की सहायता से दूरबीन के क्रास वायर्स को किसी लक्ष्य की ओर सेट कीजिए। अब दृष्टक (Alidade) को घुमाइए और दूसरे लक्ष्य की ओर लगाइए। जब लक्ष्य लगभग बाल की सीध में आ जाय तो C_2 पेंच का प्रयोग करके दूरबीन को सेट कर दीजिए। अब अंतरित कोण (Subtended angle) को यंत्र द्वारा पढ़ लीजिए। यदि पहला लक्ष्य बिजली का खम्भा था जिसके दोनों वर्नियर मापक पर मान क्रमशः १६४° ४५′ ३०″ तथा १६४° ४६′ ० था। तो उसका मध्यमान १६४° ४५′ ४५″ हुआ। इसी प्रकार दूसरे लक्ष्य (कार्यालय का कोना) के दोनों वर्नियर मापक पर मान क्रमशः ४६° ३०′ ३०″ तथा ४६° ३१′ ०″ था, तो उसका मध्यमान ४६° ३०′ ४५″ हुआ। अतः दोनों लक्ष्यों का अंतरित कोण (Subtended angle)

१६४°	४५′	४५″
४५°	३०′	४५″
११८°	१५′	०″ हुआ।

शीषकोण (Vertical Angle) निकालना :—यंत्र को समतल में कीजिए तथा निचली प्लेट को ढीली छोड़ दीजिए। यंत्र को दूरबीन (Telescope) के लेविल से समतल में किया जा सकता है। दूरबीन के पड़े हुए बाल (Horizontal cross hair) को लक्ष्य की जड़ की सीध में कीजिए। ऊर्ध्वाधर वृत्त के वर्नियर मापक (Vernier scale) की सहायता से कोण को पढ़िए। इसे घातांक शुद्धि (Index correction) कहते हैं और जब कोण तथा घातांक शुद्धि Index eorrection) वृत्त के शून्य के दोनों ओर होते हैं तो घातांक शुद्धि को जोड़ दिया जाता है और जब दोनों एक ही ओर होते हैं तो घातांक शुद्धि को घटा दिया गया है।

थियोडोलाइट यन्त्र को रखने के लिए सावधानी

(१) यंत्र का व्यवहार सावधानी के साथ करना चाहिए। बक्स से निकालते या रखते समय झटका आदि नहीं लगना चाहिए। बक्स का आकार इतना बड़ा होता है कि यंत्र उसमें ठीक तरह से रखा जा सके। अतः कभी भी यंत्र को बक्स में ठूँसने का प्रयास नहीं करना चाहिए। अच्छा होगा यदि यंत्र तथा बक्स पर कुछ सांकेतिक चिन्ह लगे हों जिससे यंत्र सरलता से बक्स में रख दिया जावे। यंत्र को बक्स में रखने के पश्चात् उसकी सब ढिबरियाँ कस देना चाहिए तथा पेंचों की कमानियों (Spring) को निकाल लेना चाहिए। जब यंत्र से काम न लिया जावे तो चुम्बकीय सुई को भी स्टाप द्वारा केन्द्र से हटा देना चाहिए।

(२) यंत्र को सदैव साफ रखना चाहिए तथा समय-समय पर उसमें तेल भी डालना चाहिए। घड़ियों का तेल इसके लिए उपयुक्त है। अन्यथा सलाद अथवा अण्डी के तेल का प्रयोग किया जा सकता है। शीशे (Object Glass) भी बहुधा धुँधले हो जाते हैं और यदि उनकी शफाई नही की जाती तो धुँधलापन स्थाई हो जाता है। इस धुँधलेपन को ईथर तथा नरम ब्रुश से दूर किया जा सकता है।

(३) Transit को भलीभाँति adjust कर लेना चाहिए।

(४) जब स्टैण्ड को जमा दिया जाये तो ढिबरियों (Clamp nuts) को अच्छी तरह से कस देना चाहिए और उसे बिलकुल हिलाना-डुलाना नही चाहिए।

(५) जहाँ तक हो सके यंत्र की टाँगों द्वारा उसे समतल में कर लीजिए। तत्पश्चात नीचे के पेंचों का प्रयोग कीजिए क्योंकि अधिक प्रयोग से वे जल्दी ही घिस जावेंगे।

(६) दूरबीन का लक्ष्य इस प्रकार सरकाना चाहिए कि उसमें आकृति बीचोबीच में दीख पड़े। यदि सलाइड तथा शीशों में कोई दोष हो तो उसे मिस्त्री से ठीक करा लेना चाहिए।

(७) वृत्त की उत्केन्द्रियता (Eccentricity) के कारण प्लेट के विभिन्न भागों में Reading में अन्तर पड़ जाता है। इससे वर्नियर मापकों के शून्यों में अचर (Constant) अन्तर रहेगा। परन्तु दोनों मानों (Readings) का मध्यमान लेने से यह अन्तर दूर हो जावेगा।

(८) यों तो आधुनिकतम यंत्रों मे मापक विभाजन बहुत शुद्ध होता है किन्तु यदि कोई अशुद्धि हो तो उसे शून्य की विभिन्न स्थिति द्वारा दूर किया जा सकता है।

(९) यदि मंदगति पेचों (Slow Motion Screws) के तागे घिस गये हों तो नये तागे लगा देना चाहिए। यदि ऐसा तत्काल संभव न हो तो घिसे हुए तागे के स्थान पर अच्छे तागे को लगा देना चाहिए तथा दो बार मान (Readings) ले लेना चाहिए।

(१०) प्रत्येक यंत्र की मध्यान्ह रेखा से अन्तर ज्ञात कर लेना चाहिए तथा स्थान के नाम तथा दिनांक सहित उसे एक चिट पर लिख कर वक्स मे रख देना चाहिए ।

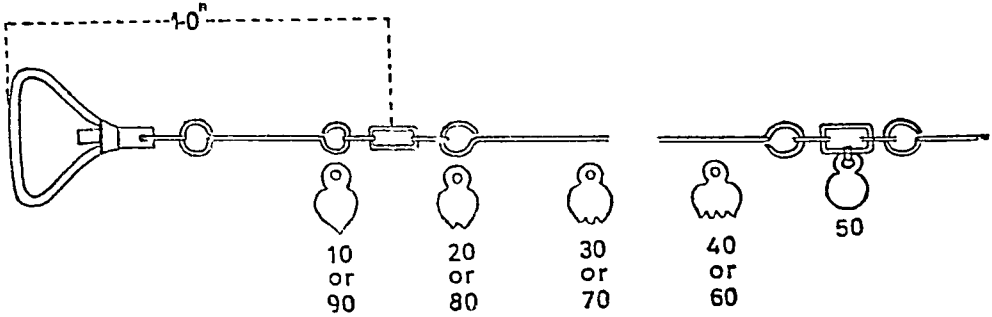
खण्ड स.

जरीब सर्वेक्षण (Chain Surveying)

यह भूमापन की बहुत ही सरल विधि है इसमे जरीव तथा फीते से धरातल पर क्षैतिज (Horizontal) दूरियाँ नापी जाती है। इस विधि को मुख्यत: किसी क्षेत्र की सीमा निर्धारित करने में अपनाया जाता है। प्राय: जब किसी खेत अथवा अन्य भूमि का बँटवारा करना होता है तो नई सीमाएँ निर्धारित करने मे जरीव का प्रयोग किया जाता है । इसलिए जरीव मापन को सीमा मापन (Boundary Surveying) भी कहते हैं। जरीव का प्रयोग निम्नलिखित दशाओं मे किया जाता है :—

(१) जब किसी छोटे क्षेत्र का विस्तृत मापन करके उसकी सीमाएँ निर्धारित करना लक्ष्य हो ।
(२) जब क्षेत्र जिसका सर्वेक्षण करना हो छोटा हो।
(३) जब क्षेत्र खुला हो और वृक्षादि (किसी प्रकार की वाधा) से दृष्टि-रेखा मुक्त हो तथा क्षैतिज (Horizontal) मापन सुगम हो।
(४) जब किसी एकाकी वस्तु की नाप-जोख करना हो जैसे कुँआ या तालाव । यदि किसी अन्य विधि से नाप-जोख करते समय कोई एकाकी वस्तु हट जावे तो पुन: मानचित्र पर उसका सही स्थान निर्धारित करने के लिए जरीव मापन का सहारा लिया जा सकता है।
(५) जरीव मापन में नि:संदेह समय अधिक लगता है । अत: इसे उसी दशा मे प्रयोग में लाते है जब शीघ्रता न हो, मानचित्र की शुद्धता ही एकमात्र लक्ष्य हो ।

साधन-सामग्री (Equipment) :—जरीव सर्वेक्षण में निम्नलिखित साधन-सामग्री की आवश्यकता होती है :—

जरीब :—प्रयोग में आने वाली जरीवे तीन प्रकार की होती है—जो मजवूत लोहे अथवा इस्पात के तारों की वनी होती है ।

चित्र १०१

(१) **गुन्टर्स चेन** (Gunter's Chain) :—इसकी लम्वाई ६६ फुट होती है तथा इसमे कुल १०० कड़ियाँ होती है । प्रत्येक १०वीं कड़ी पर एक पीतल की घुण्डी लगी होती है जिससे कड़ियाँ आसानी से गिनी जा सकती हैं। इसकी प्रत्येक कड़ी की लम्वाई ०·६६ फुट अथवा ७·९२ इंच होती है। इस जरीव का प्रयोग मुख्यत: भूमि वाँटने के लिए किया जाता है। इसका कारण यह है कि एकड़ की नाप-जोख से इस जरीव का सीधा सम्वन्ध है। वह क्षेत्र जिसकी लम्वाई एक जरीव हो और चौड़ाई एक जरीव हो, तो उसका क्षेत्रफल $\frac{१}{१०}$ एकड़ होगा। वीघे से भी इसका सम्वन्ध है क्योंकि एक वीघा है $=५५^2$ वर्ग गज $=३०$ लट्ठा (एक लट्ठा $= ५\frac{१}{२}$

फुट $= \frac{\text{जरीव की लम्बाई}}{१२}$) इस चेन की लम्बाई २० अंग्रेजी मीटर (एक मीटर = ३९·६ इंच) के भी होती है। यदि इस जरीव को ११ बराबर भागों में बाँट दिया जावे तो एक फैदम की लम्बाई ज्ञात हो (१ फैदम = ६) फुट जाती है। यदि किसी वृत्त का व्यास ७ गज हो तो उसकी परिधि की लम्बाई एक जरीव (Gunter's Chain) के बराबर होती है।

इंजीनियर्स चेन (Engineer's Chain) :—यह जरीव १०० फुट लम्बी होती है। इसमें भी १०० कड़ियाँ होती हैं। इस प्रकार प्रत्येक कड़ी की लम्बाई एक फुट अथवा १२ इंच होती है। इसमें भी १० कड़ियों के बाद एक पीतल की घुण्डी लगी होती है जिससे कड़ियाँ गिनने में सुविधा होती है। इसका लाभ यह है कि इसमें कम जरीव लम्बाइयाँ लेनी पड़ती हैं। इसमें जरीव के कारण सामूहिक त्रुटि तत्व (Cumulative Error) कम होती है। जरीव सर्वेक्षण बड़ा जटिल होता है। इसमें जरीव के कारण, उसको प्रयोग करने की विधि के कारण या अन्य किसी कारण ही अनायास ही त्रुटि आ सकती है। अतः जरीव मापन में बड़ा ही सतर्क रहना पड़ता है। यही कारण है कि आजकल जरीव का प्रचलन बहुत कम हो गया है। अब बहुधा इसके स्थान पर फीते का प्रयोग किया जाता है।

मीटर चैन (Meter chain) :—अब मीट्रिक प्रणाली के प्रचलन के कारण मीटर चैन का प्रयोग होने लगा है। एक मीटर चेन की लम्बाई ३० मीटर होती है। इसमें भी १०० कड़ियाँ होती हैं। इस प्रकार प्रत्येक कड़ी की लम्बाई ३० सेन्टीमीटर अथवा ०·३ मीटर होती है। गणना की सुविधा के लिए १०-१० कड़ियों पर अन्य जरीवों की भांति पीतल की घुण्डियाँ लगा दी जाती हैं।

फीता :—प्रचलित फीते प्रायः कपड़े, प्लास्टिक धातु अथवा इस्पात से बने होते हैं। कपड़े के फीते गर्मी सर्दी के कारण फैलते तथा सिकुड़ते रहते हैं। इसीलिए कपड़े के फीते का प्रयोग कम होता है। धातु के फीते (Metallic tape) में पतला तार फीते के अन्दर बुन दिया जाता है। पतले तार के चारों ओर धागा लपेट दिया जाता है। धागे से लिपटे हुये तारों को बुन देने से धातु का फीता तैयार हो जाता है। कपड़े के अन्दर तार होने के कारण वह गर्मी व सर्दी से भी अधिक प्रभावित नहीं होता है। ये फीते भिन्न-भिन्न लम्बाइयों के होते हैं—२५ फुट, ५० फुट, १०० फुट अथवा १० मीटर, २० मीटर तथा ५० मीटर। इस्पात के फीते गर्मी व सर्दी से बहुत कम सिकुड़ते हैं। साथ ही साथ उनके प्रयोग में विशेष सावधानी की भी आवश्यकता नहीं। उनकी लम्बाई २५ फुट अथवा १० मीटर तक होती है।

जब जरीव प्रयोग की जाती है तो एक फीते की आवश्यकता होती है। परन्तु जब जरीव के स्थान पर भी फीते का प्रयोग करते हैं तो दो फीतों की आवश्यकता पड़ती है।

कीलें (Arrows)—जरीब सर्वेक्षण में १० लोहे की कीलों की भी आवश्यकता है। इनकी लम्बाई लगभग १५"—८" होती हैं। ये एक ओर नुकीले होते हैं और दूसरी ओर उनमें घुमाव होता है। एक जरीव की लम्बाई के उपरान्त एक कीला गाड़ दिया जाता है जरीव हटा लेने के पश्चात इन कीलों को उखाड़ कर नापी जाने वाली जरीवों की संख्या ज्ञात कर लेते हैं। इस प्रकार दूरी नापने में काफी सुविधा हो जाती है।

झण्डी अथवा लक्ष्य दंड (Ranging Rod)—लक्ष्य दंडों की सहायता से उन बिन्दुओं को अधिक दृष्टि-गोचर कर दिया जाता है जो स्वयं क्षेत्र में दिखाई नहीं देते। १० फीट लम्बे लक्ष्य दण्ड बड़े सुविधाजनक होते हैं। वे बहुधा काले तथा सफेद एकान्तर रंगों से होते हैं। इसको गाड़कार अभीष्ट क्षैतिज (Horizontal) दूरियों को नाप लेते हैं।

लकड़ी की खूटियां (Wooden Pegs)—जब जरीव द्वारा नाप जोख की जाती है तो बहुत से बिन्दु जिनकी दूरी नाप ली गई है, भुलाये जा सकते हैं। आवश्यकता पड़ने पर उनके पास फिर पहुँचने के लिए सर्वेक्षित बिन्दुओं पर लकड़ी की खूटियाँ गाड़ दी जाती हैं।

चुम्बकीय दिक्सूचक (Magnetic Compass)—इसकी सहायता से मानचित्र पर उत्तर दिशा प्रदर्शित की जाती है।

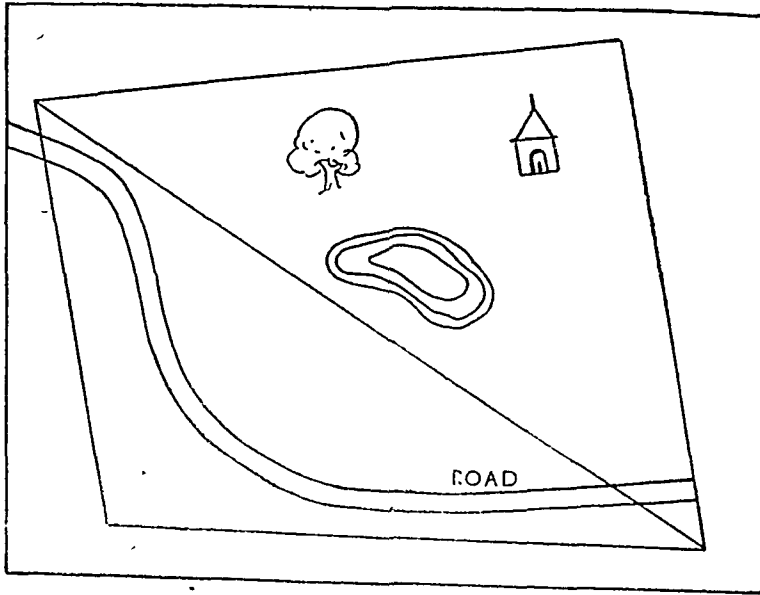
लम्ब दंड (Offset staff)—यह गोल अथवा चौकोर दस फुट लम्बा लट्ठा होता है। इसका प्रत्येक फुट एकान्तर काले, सफेद तथा लाल रंगों से रंगा होता है। इससे चेन-रेखा से वस्तुओं की लम्ब दूरी ज्ञात की जाती है।

चक्षु वर्ग (Optical Square)—इसमें एक मोटी पीतल की तख्ती में दो छोटे शीशे गड़े होते हैं जो यंत्र के तल पर समकोण बनाते हैं परन्तु एक दूसरे के साथ ४५° का कोण बनाते हैं। इससे छोटे लम्बों (Offsets) की दूरी ज्ञात करने के लिए समकोण बनाते हैं।

जरीब द्वारा मार्गमापन (Traverse) का सिद्धांत

जरीब द्वारा भूमापन मे केवल धरातल की दूरियाँ नापी जाती हैं, कोण ज्ञात नहीं नापे जाते। यदि केवल धरातलीय दूरियाँ ही ज्ञात हों तो उनकी सहायता से त्रिभुज ही एक ऐसी आकृति है जिसकी रचना की जा सकती है। इसलिए जरीब द्वारा मार्गमापन में सर्वेक्षण विन्दु (Stations) इस प्रकार नियत किये जाते है कि सारा क्षेत्र त्रिभुजों में बंट सके। ये विन्दु निश्चित करते समय यह ध्यान रखना चाहिए कि विन्दुओं को मिलाने वाली रेखाएँ (जरीब रेखाएँ अथवा Chain lines) सीमा के अधिक से अधिक पास हों। यदि किसी जरीब रेखा (Chain line) के मापन में कोई बाधा हो तो संयोजक रेखाओं (Tie lines) द्वारा नये त्रिभुज बना लेते हैं जो यथा सभव समत्रिबाहु हों।[1]

जरीब द्वारा मार्गमापन (Traverse) की विधि

सर्वप्रथम सर्वेक्षण कर्त्ता क्षेत्र का निरीक्षण करता है तथा उसका एक रेखाचित्र बना लेता है। प्रमुख विन्दुओं को जो जरीब रेखायें बनाते हैं, खूटियां गाड़ कर नियत कर देता है। प्रमुख विन्दुओं के चयन मे निम्नलिखित बातें ध्यान देने योग्य हैं:—(१) विन्दुओं का चयन ऐसा होना चाहिये कि उनको मिलाने वाली जरीब रेखाये (Chain line) सीमा से यथ संभव सटी रहे जिससे लम्ब रेखाये (off-sets) अधिक लम्बी न हों। (२) जरीब रेखायें बाधाओं, जैसे तालाब, झाड़ियां आदि से मुक्त हों। (३) चयन विन्दुओं की संख्याये कम से कम हों जिससे बड़े-बड़े त्रिभुज बन सकें। (४) त्रिभुज यथासंभव समत्रिबाहु हों अथवा अधिक सुव्यवस्थित हों।[2] तत्पश्चात वह अपनी टोली के साथ जिसमें ६–७ व्यक्ति होते हैं, क्षेत्र में जाता है। इनमें

चित्र १०२

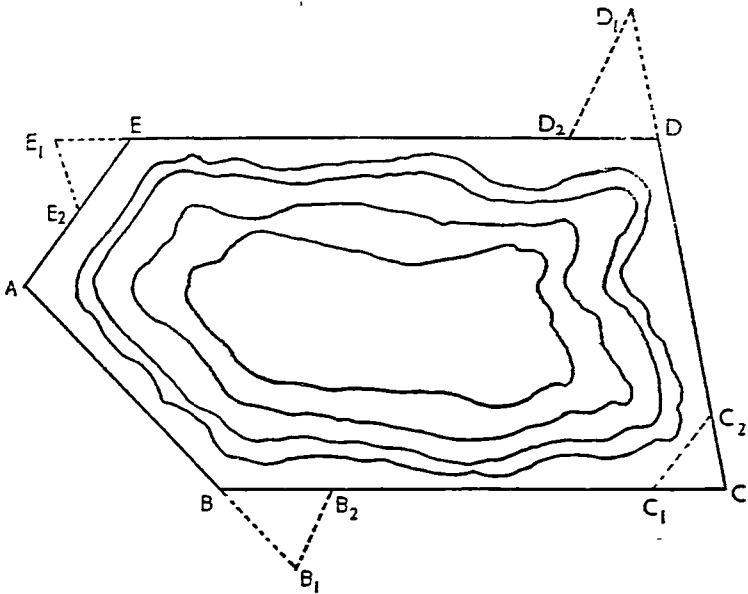
दो व्यक्ति जरीब को थामते हैं। मार्गमापन किसी भी विन्दु से प्रारम्भ किया जा सकता है। यह स्मरण रहे कि जरीब मापन में आधार रेखा (Base line) नाम की कोई वस्तु नहीं होती। जरीब के एक छोर को

1. "If, in any triangle we measure a fourth line from a known point on one side of the triangle to a known point on a second side, we can see if that measurements fits the triangle when it is plotted if it does not we know there is a mistake somewhere, although we do not know where. It is convenient in this method of surveying to call such lines "check lines" while the ordinary lines dividing the area into triangles may be called 'tie lines'. Both lines, however, may be made to surve as survey lines from which to measure the detail by offsets at right angles to the lines" Debenham Map Making, pp. 47-48 (1937).

2. Jameson and Ormsby, Mathematical Geog. Vol: I, p, 19 (1949).

पकड़ कर एक व्यक्ति A से B की ओर चलता है। यदि जरीब की लम्बाई AB रेखा से कम है और आगे वाला जरीब वाहक जरीब की लम्बाई भर दूरी चल चुका है तो A पर खड़ा रहने वाला जरीब वाहक अपने हाथ के इशारे से आगे वाले जरीब वाहक को AB रेखा में आने के लिये कहता है। यह जानने के लिये कि आगे का जरीब वाहक AB रेखा में है या नहीं इसका नियम यह है कि A पर रहने वाले जरीब वाहक को यदि बिन्दु B या B पर गड़े हुये लक्ष्य दण्ड (Ranging Rod) तथा आगे वाला जरीब वाहक दोनों एक रेखा में न हों तो जरीब वाहक AB रेखा में नहीं है परन्तु यदि B बिन्दु जरीब रेखा के पीछे छिप जावे तो दोनों एक रेखा में होंगी। एक व्यक्ति को यह देखना चाहिये कि जरीब बिलकुल सीधी है या नहीं, उसमें कहीं एक कड़ी दूसरी पर तो नहीं चढ़ गई है। तत्पश्चात आगे वाला जरीब वाहक जरीब के छोर पर एक कील गाड़ देता है और दोनों जरीब वाहक B की दिशा में आगे बढ़ते हैं। पिछला जरीब वाहक जहाँ कीली गड़ी हुई है वहाँ तक जावेगा और अगला जरीब वाहक जरीब को खींचता हुआ B की ओर चलेगा। अगले जरीब वाहक को पुनः हाथ के इशारे से AB सीधी रेखा में लाया जाता है और अगला व्यक्ति जरीब के छोर पर एक और कील गाड़ देता है। फिर दोनों आगे की ओर चल देते हैं। परन्तु पिछला जरीब वाहक अपने साथ उस स्थान से कील को उखाड़ कर ले जाता है जहाँ से हटकर वह आगे जा रहा है। इस प्रकार B पर पिछले जरीब वाहक के पास जितनी कीलें होती हैं जरीबों की उतनी ही पूरी लम्बाइयाँ नापी गई हैं, परन्तु यदि जरीब रेखा (Chainline) की लम्बाई एक जरीब से कम हो तब यह कठिनाई नहीं होती। जिस प्रकार AB जरीब रेखा की लम्बाई नापी गई है; उसी प्रकार BC तथा CA आदि जरीब रेखाओं की लम्बाई नापी जावेगी।

मार्ग मापन का दूसरा उदाहरण

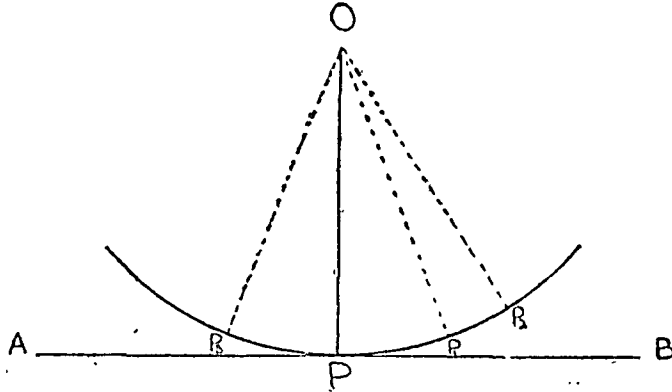
यदि हमें किसी तालाब, वन तथा मकान का मार्ग सर्वेक्षण जरीब द्वारा करना हो तो उपरोक्त विधि से भूमापन में कठिनाई पड़ती है क्योंकि इन्हें त्रिभुजों में विभक्त नहीं किया जा सकता। अतः सर्वेक्षणकर्त्ता को इनके बाहर-बाहर ही भूमापन करना पड़ता है। इनके सर्वेक्षण के लिये A, B आदि प्रमुख बिन्दुओं को चुन लेते हैं (चित्र १०६ देखिये) तथा उनके बीच की दूरियाँ नाप लेते हैं।

चित्र १०३

यदि हम A बिन्दु से भूमापन प्रारम्भ करें तो AB की लम्बाई पिछले उदाहरण के अनुसार निकाल लेंगे परन्तु AC तथा AD आदि को झील के कारण इस रीति से नहीं नाप सकते। ऐसी दशा में AB रेखा के बीच में B से पीछे अथवा आगे B_1, बिन्दु पर एक खूंटी गाड़ देते हैं। इसी प्रकार BC रेखा पर B के निकट ही B_2 बिन्दु पर दूसरी खूंटी गाड़ देते है। इस प्रकार B, B_1, B_2 त्रिभुज प्राप्त हो जाता है तथा उसकी तीनों भुजाओं की दूरी नाप लेते हैं। इसी प्रकार C, D आदि बिन्दुओं के सन्निकट भी त्रिभुज बना लेते है तथा उनकी

भुजाओं को नाप लेते हैं। अतएव AB, BC, आदि भुजाओं की लम्बाई नापने के साथ-साथ इन सभी त्रिभुजों की लम्बाइयाँ नाप ली जाती हैं। B_1 B_2, C_1 C_2 आदि रेखाओं को संयोजक रेखायें (Tie lines) कहते हैं क्योंकि वे त्रिभुज बनाती हैं, परन्तु उन पर लम्ब दूरियाँ (offsets) नहीं ली जाती हैं।

लम्बदूरी (Offsets) नापने की विधियाँ

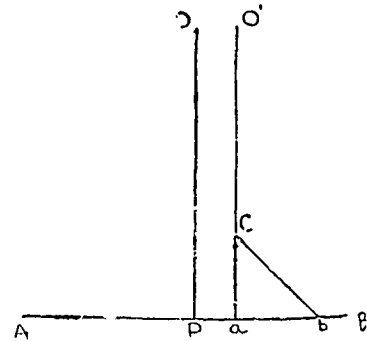
जरीब मापन करते समय प्रमुख बिन्दुओं, मकान के कोने अथवा सीमा पर स्थित अन्य वस्तुओं की जरीब रेखाओं (Chain lines) से लम्बवत दूरी ज्ञात की जाती है, जिसके द्वारा उन्हें मानचित्र पर सरलता-पूर्वक प्रदर्शित किया जा सकता है। इन लम्बवत दूरियों को लम्ब दूरियाँ (Offsets) कहते हैं। छोटी लम्ब दूरियाँ लंब दण्ड (Offset Staff) द्वारा ज्ञात की जाती हैं। कभी-कभी चक्षु वर्ग (Optical square) का भी प्रयोग किया जाता है। अधिक लम्बी लम्ब दूरियाँ (१००-१५० फुट) अवांछनीय हैं। प्रायः लम्ब दूरियां फीते की सहायता से निम्न दो विधियों से ज्ञात की जाती हैं :—

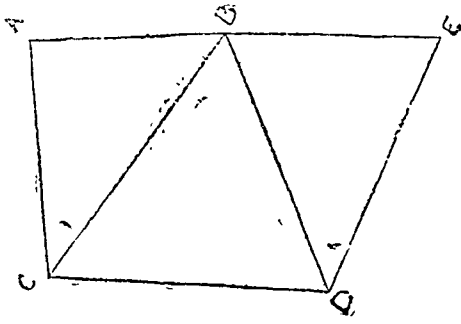
(१) **चाप विधि** (Arc Method)—यह बहुत सरल है। इस विधि से लम्ब दूरी नापने के लिये दो व्यक्तियों की आवश्यकता पड़ती है। इनमें से एक फीते का एक छोर पकड़ कर वहाँ खड़ा होता है जिस बिन्दु से लम्ब दूरी ज्ञात करना है। दूसरा व्यक्ति फ़ीते को पकड़ कर अपने हाथ को जरीब रेखा के सहारे घुमाने का प्रयास करता है। निम्नांकित चित्र में हाथ की भिन्न-भिन्नस्थितियाँ P, P_1, तथा P_3 दिखाई गई हैं। स्पष्ट है कि केवल P ही ऐसा बिन्दु है जहाँ उसका हाथ जरीब रेखा के निकटतम है। P से जैसे ही इधर-उधर हाथ जाता है, हाथ की दूरी जरीब रेखा से बढ़ती जाती है। अतः O बिन्दु की लम्बदूरी (Offset) OP है। इस दूरी को फीते की सहायता से पढ़ कर लिख लेते हैं।

चित्र १०४

(२) **समकोण त्रिभुज विधि** (Right-angle Trianlged Method) यदि त्रिभुज की भुजाओं में कोई निम्नांकित अनुपात हो, तो वह समकोण त्रिभुज होगा—

३:४:५, ५:१२:१३, १:१:$\sqrt{२}$, १:$\sqrt{३}$:२, १:२:$\sqrt{५}$, आदि।

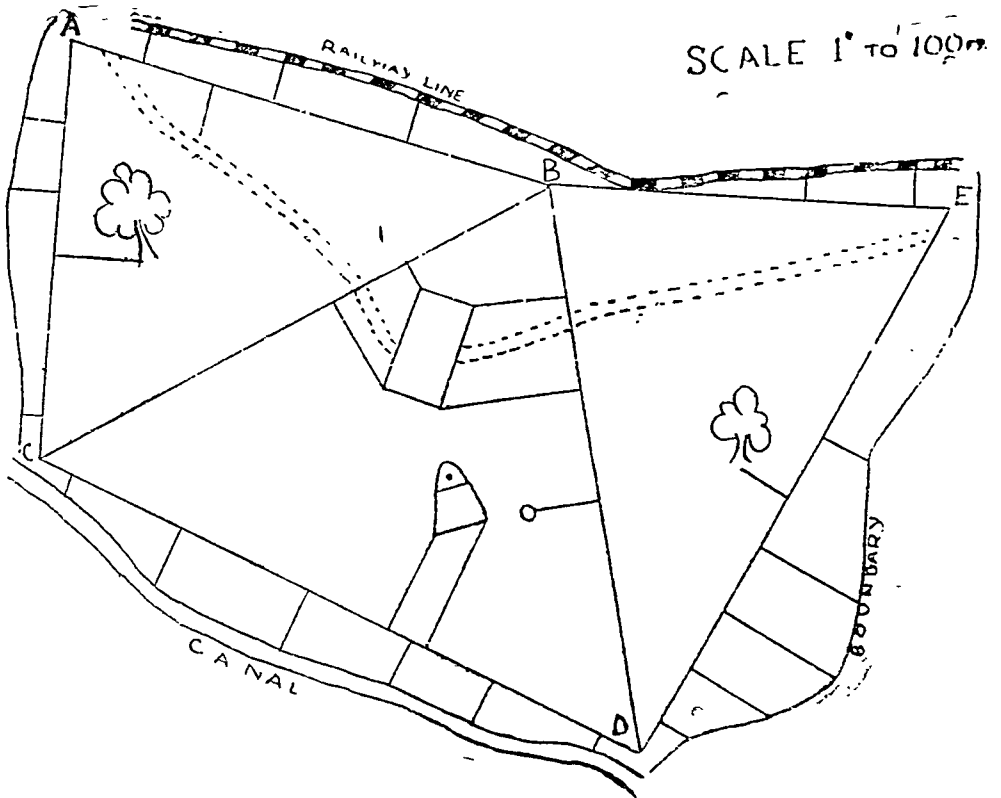
लम्बदूरी ज्ञात करने में इस विशेपता का प्रयोग किया जा सकता। मान लीजिये कि AB रेखा पर O से लम्बदूरी ज्ञात करना है। अनुमानतः a बिन्दु ऐसा ले लिया जाता है कि ao′, AB पर लगभग लम्बवत हो। AB के सहारे ab २० फुट की दूरी लीजिये तथा आलपीनों द्वारा फीते के 0 फुट के चिन्ह को a पर १०० फुट के चिन्ह के b पर नियत कीजिये। अब कोई व्यक्ति १५ फुट तथा ७५ फुट के चिन्हों को हाथों में इस प्रकार पकड़े कि १५ फुट तथा ७५ के फीते की लम्बाइयाँ सीधी रेखायें बनावें। स्पष्ट है कि abc एक समकोण त्रिभुज है तथा Ca रेखा AB पर लम्ब है। दूसरा व्यक्ति a पर खड़ा होकर O′ की ओर देखता है। यदि O′ बिन्दु C पर खड़े हुए व्यक्ति के पीछ पड़े तो दोनों व्यक्ति के समानान्तर O की छोर चलते हैं। जब O बिन्दु C बिन्दु से चलने वाले व्यक्ति के पीछ छिप जावे तो oP लम्बदूरी (offset) होगी।

चित्र १०५

C
२१०
१९५
११०
७५
४०
A
वृक्ष ५०
१२
२५
२०
सीमा
D
३००
१५२
१०३
७०
५८
B
४०—कुँआ
७५—कोना
==पगडंडी
५०—कोना
B
२००
१५८
७०
१२
E
०
१५
२०
रेलवे मार्ग
E
३२०
३००
१९०
१५०
१२३
८४
५२
२०
D
३०
=पगडंडी
२५
६०
६८
४५
१०
सीमा
D
३४०
३१५
२५५
२११
२०८
२३८
१५२
८०
१६
C
मन्दिर का कोना ७२
मन्दिर का कोना ६०
१०
२५
२५
३८
३५
१०
नहर
C
१९५
१३०
११०
८८
B
I कोना ४६
II कोना ११
पगडंडी
B
२५५
१७८
१९६
८०
४०
१५
A
रेलवे लाइन
२०
१५
३० पगडंडी
==पगडंडी
Field Book

चित्र १०६

माप-विवरण पुस्तिका (Field Book)—क्षेत्र के सर्वेक्षण में ली हुई सभी नापों को माप-विवरण पुस्तिका में विधिवत् लिखते हैं। माप-विवरण पुस्तिका में तीन कोष्ठ होते हैं वीच के कोष्ठ में जरीव रेखाओं (Chain lines) की दूरियाँ लिखी जाती हैं तथा वाएँ और दाएँ के दोनों कोष्ठों में मुख्य-मुख्य विन्दुओं की दूरियाँ तथा विन्दुओं का वर्णन लिखते हैं। यदि लम्ब की दूरी जरीव रेखा के पूर्व में दाहिनी ओर है तो वह दूरी तथा उस विन्दु का वर्णन दाहिने कोष्ठ और यदि वाईं ओर हो तो वाएँ कोष्ठ में लिखी जाती है। आलेख कोष्ठों के विल्कुल नीचे से आरम्भ किया जाता है।

मानचित्र बनाना (Preparation of the Map)

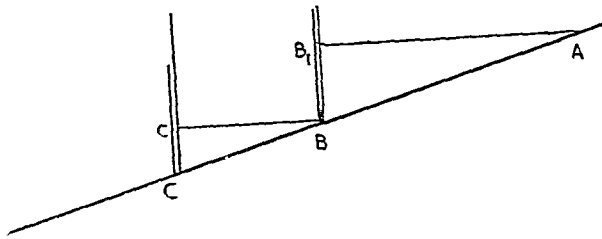
विभिन्न जरीव रेखाओं की दूरियाँ को लिखिए तथा उसके लिए मापक चुनिये। दिये हुये माप विवरण के लिये एक इंच=१०० फुट के आधार पर विभिन्न जरीव रेखाओं की लम्बाइयाँ इस प्रकार होंगी :—

AB = २·५५″　　　DE = ३·२″
BC = २·९५″　　　EB = २·०″
CD = ३·४०″　　　BD = ३.०″
　　　　　　　　　AC = २·१″

चित्र १०७

इन लम्बाइयों को लेकर त्रिभुज बनाइये तथा जरीब रेखाओं पर दी हुई लम्ब दूरियाँ खींचिए। इस प्रकार सीमा, रेल, वृक्ष तथा मकान की स्थिति ज्ञात हो जावेगी और मानचित्र बन जावेगा जैसा कि उपरोक्त चित्र में दिखाया गया है।

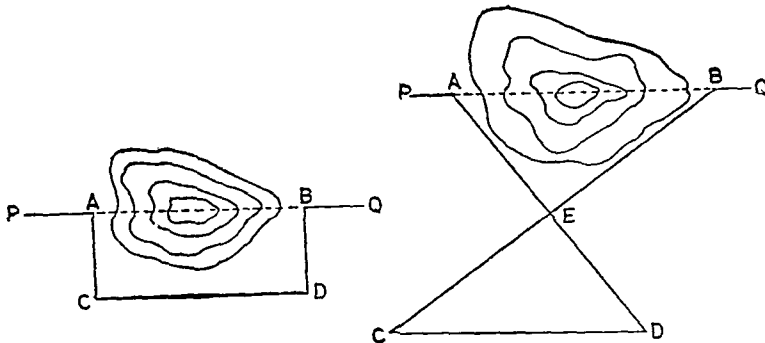
जरीब सर्वेक्षण की समस्याएँ

(१) **उत्तर दिशा नियत करना** (Marking the North) :—चुम्बकीय दिक्सूचक (Magnetic Compass) की सहायता से उत्तर दिशा को भूमि पर उत्तर से दक्षिण जाती हुई एक रेखा द्वारा नियत कीजिए। इसके दोनों छोरों को दो प्रमुख विन्दु मानकर जरीब रेखा से उनकी लम्ब दूरियाँ ज्ञात कीजिए। मानचित्र पर यही रेखा उत्तर की दिशा दिखावेगी।

(२) **समतल दूरियाँ निकालना** :—मानचित्र बनाने मे जिन दूरियों का प्रयोग किया जाता है वे समधरातल की दूरियाँ होनी चाहिए। परन्तु जरीब मापन मे दूरियाँ धरातल पर नापी जाती हैं चाहे वहाँ ढाल ही हो। यदि धरातल पर ढाल हैं तो दूरियाँ मानचित्र बनाने के काम नहीं आ सकतीं। ऐसी स्थिति मे ढाल वाले धरातल पर लक्ष्य दण्ड गाड़ देते हैं जैसे चित्र मे B तथा C पर दीखते हैं। अब दो व्यक्ति फीता पकड़कर खड़े होते हैं एक A पर तथा दूसरा B पर। दूसरा हाथ ऊँचा करके समतल रेखा में फीते को इस प्रकार खींचता है कि वह बीच में झुके नहीं, तो ढाल दूरी AB के लिये समतल दूरी AB_1 होगी। इसी प्रकार BC के लिए समतल दूरी Bc होगी। इस विधि को "Chaining in steps" कहते हैं। ढाल की दूरी की तुल्यांक समतल दूरी को निम्नांकित सूत्र द्वारा भी ज्ञात किया जा सकता है :—

चित्र १०८

$l = L \cos x$ जब ढाल L पर लम्बाई है तथा ढाल का माप अंशों में x हैं।

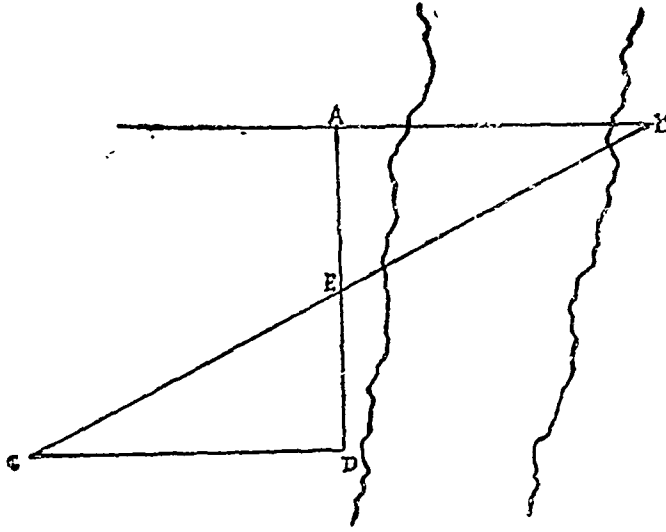
$l = L - \frac{h_2}{2L}$ जबकि L ढाल लम्बाई है तथा h ऊँचाई है।

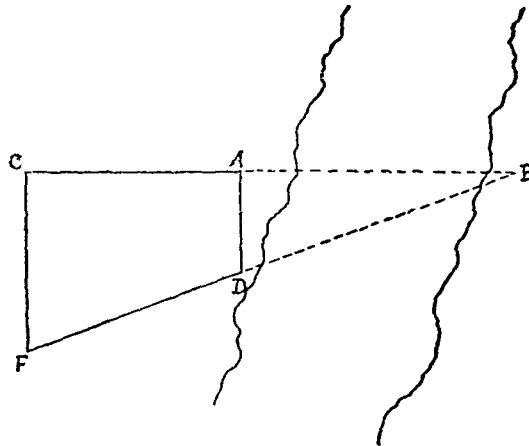
बाधायें (Obstacles) :—यदि जरीब रेखा किसी ढाल अथवा ऊँचाई के ऊपर होकर जाती है तो शुद्ध दूरी ज्ञात नहीं हो सकती है। ऐसी अवस्था मे दूरी ज्ञात करन के लिए PA जरीब रेखा के सहारे लम्बरूप AC

चित्र १०९ चित्र ११०

लीजिए। C से लम्ब CD इस प्रकार लीजिए कि CD की लम्बाई झील या ताल की चौड़ाई से अधिक हो। D से AC के बराबर DB, CD पर लम्ब खींचिए। इस प्रकार AB=CD होगी। (चित्र १०९ देखिए) इस अवस्था में PA तथा BQ एक ही सरल रेखा में होना चाहिए।

दूसरी विधि :—PABQ एक सीधी रेखा में लक्ष्य दण्ड (Ranging Rod) गाड़िये। कोई विन्दु E इस प्रकार लीजिए कि AE तथा BE समतल भूमि पर हों। अब AE तथा BE को बढ़ाइये। BE=EC तथा AE=ED। अब त्रिभुज AEB तथा ECD अनुरूप हैं। इसलिए AB=CD।

नदी की चौड़ाई ज्ञात करना

विधि :—(१) A तथा B दो विन्दु नदी के दोनों किनारों पर इस प्रकार लीजिये कि AB एक ही सीधी रेखा में हो। हमें AB की लम्बाई ज्ञात करना है। अब एक विन्दु E, AB के सहारे A से खींचे हुए लम्ब में

चित्र १११

लीजिए और इसी लम्ब में दूसरा विन्दु D ऐसा लीजिये कि AE=ED। D से AD के सहारे लम्ब खींचिये तथा इस पर C एक ऐसा विन्दु लीजिये कि CEB एक ही सरल रेखा में हों। अब त्रिभुज AEB तथा CDE अनुरूप हैं। इसलिये AB=CD। अब CD की लम्बाई नापने से AB की लम्बाई ज्ञात हो जावेगी।

चित्र ११२

विधि :—(२) B विन्दु को नदी के दूसरे तट पर इस प्रकार लीजिए कि AB एक ही रेखा में हो। अब बढ़ी हुई AB में से AC दूरी नाप लीजिए तथा AC के एक ही ओर A तथा C पर लम्ब खींचिए। C विन्दु के लम्ब पर कोई विन्दु F लीजिए तथा B की ओर देखिये। FB दृष्टि-रेखा A विन्दु के लम्ब को D पर काटती है, तो F, D, B समरेख् (Collinear) होंगे।

अब- समरूप त्रिभुजों BAD तथा BCF में

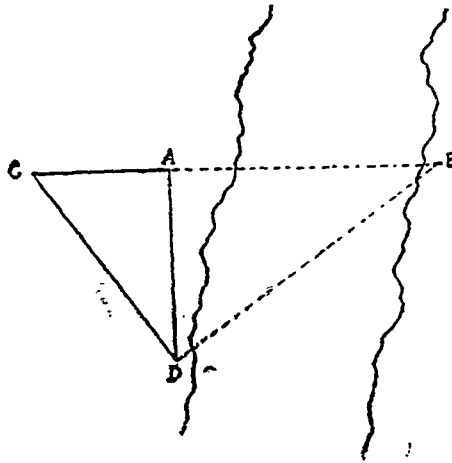
$$\because \quad \frac{BA}{AD} = \frac{BC}{CF} = \frac{BA+AC}{CF} = \frac{BA}{CF} + \frac{AC}{CF}$$

$$\therefore \quad \frac{BA}{AD} - \frac{BA}{CE} = \frac{AC}{CF}$$

$$\therefore \frac{BA(CF-AD)}{AD \times CF} = \frac{AC}{CF}$$

$$\therefore \frac{A(CF-AD)}{AD \times CF} = \frac{AC}{CF}$$

$$\therefore \quad A(GF-AD) = AC \times AD$$

$$\therefore \quad BA = \frac{AC \times AD}{CF-AD}$$

चित्र ११३

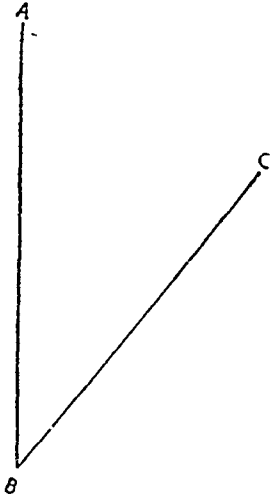
विधि :—(३) A तथा B से दो विन्दु नदी के दोनों तटों पर एक ही सीधी रेखा में लीजिए। A विन्दु पर लम्ब खींचिए तथा उस पर DA दूरी लीजिए। अब DB रेखा के D विन्दु पर एक लम्ब खींचिए जो बढ़ी हुई BA को C विन्दु पर काटता है। अतः BAD तथा CAD समकोण त्रिभुजों में $\frac{BA}{AD} = \frac{AD}{AC}$ अथवा $BA = \frac{AD \times AD}{AC} = \frac{(AD)^2}{AC}$

खण्ड द

त्रिपार्श्व दिक् सूचक सर्वेक्षण (Prismatic Compass Surveying)

प्रसंग रेखायें (Lines of Reference)—दिशा आपेक्षित होती है अर्थात् किसी विन्दु की दिशा सदैव किसी नियत रेखा से संबंधित होती है। चित्र ११४ में $\angle BAC = ५२^\circ$ है अर्थात् BC की दिशा AB के पूर्व में ५२° है। दूसरे शब्दों में यह कहा जा सकता है कि हमें AB की स्थिति ज्ञात है तथा BC की दिशा AB के संबंध में

ज्ञ.त की गई है। सर्वेक्षण दिशा नियत करने की जो प्रामाणिक रेखा (Standard line of reference) मानी जाती है वह वास्तवविक मध्यान्ह रेखा (True Meridian) होती है। किसी स्थान की वास्तविक उत्तर रेखा वह रेखा है जो दोनों भौगोलिक ध्रुवों को मिलती है तथा अमुक स्थान से गुजरती है। इसे वास्तविक उत्तर (True North) की रेखा भी कह सकते हैं। यह उत्तरी ध्रुव अथवा ध्रुव तारे की दिशा को सूचित करती है। किसी स्थान की चुम्बकीय मध्यान्ह रेखा (Magnetic Meridian) वह रेखा है जो दोनों चुम्बकीय ध्रुवों (Magnetic Poles) को मिलावे तथा स्थान से गुजरे। चुम्बकीय ध्रुव (Magnetic Poles) दोनों गोलार्द्धों के चुम्बकीय तत्वों के आकर्षण केन्द्र होते हैं तथा भौगोलिक अथवा वास्तविक ध्रुवों से भिन्न होते हैं।

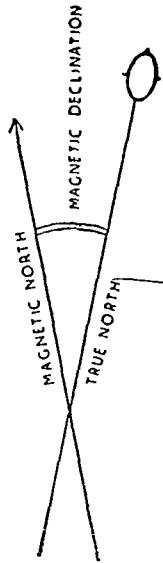
A
C
B

चित्र ११४

चुम्बकीय ध्रुव कभी स्थाई नहीं होते हैं। अतएव चुम्बकीय मध्यान्ह रेखा तथा वास्तविक मध्यान्ह रेखा दोनों प्राय: कोण बनाती है जिसे चुम्बकीय झुकाव (Magnetic Declination) कहते हैं। चुम्बकीय झुकाव स्थानान्तर तथा कालान्तर परिवर्तित होता रहता है। ये चुम्बकीय परिवर्तन तीन प्रकार के होते हैं:—

(अ) **दीर्घकालीन परिवर्तन** (Secular Changes) :—चुम्बकीय झुकाव भे ये दीर्घकालीन परिवर्तन शनैः-शनैः होते रहते हैं। उदाहरणार्थ ग्रीनविच में चुम्बकीय झुकाव सन् १५८० में ११° १५° पू० था, सन् १६५७ में शून्य, सन् १८११ में अधिकतम (२४° ३८′ प०) तथा सन् १९१८ में १४° २५′ प० था।

(ब) **आवर्त परिवर्तन** (Periodic Changes):—दैनिक, मासिक तथा वार्षिक परिवर्तन: प्रत्येक दिन चुम्बकीय सुई में लगभग १५′ का परिवर्तन दीखाता है। इनी प्रकार मासिक तथा वार्षिक परिवर्तन भी १५′ अथवा अधिक होते हैं।

(स) **अनियमित परिवर्तन** (Irregular Changes) :—ये परिवर्तन प्राय: चुम्बकीय तूफानों अथवा अन्य उथल-पुथल के कारण होते हैं। इनसे चुम्बकीय सुई १° से २° तक मुड़ जाती है।

चुम्बकीय ध्रुवों के निकटवर्ती क्षेत्रों में चुम्बकीय झुकाव अधिक होता है। वहाँ चुम्बकीय सुई ऊर्ध्वाधर (Vertical) रहती है। अत: इन क्षेत्रों के लिए कम्पास सर्वेक्षण एकमात्र अनुपयुक्त है।

चूँकि चुम्बकीय परिवर्तन निरन्तर होते रहते हैं। अत: यह आवश्यक है कि प्रमुख मापचित्रों (Plans) तथा भूपत्रों पर प्रदर्शित की हुई चुम्बकीय मध्यान्ह रेखा (Magnetic Meridian) की दिशा जाँच पड़ताल करके शुद्ध करते रहना चाहिये। इसके लिए ब्रिटिश एडमिरल्टी द्वारा प्रकाशित मेगनेटिक चार्टर्स (Magnetic Charts) बहुत उपयोगी होते हैं। किसी तिथि के चुम्बकीय झुकाव को प्रदर्शित करने वाली रेखाओं को Isogonic Lines कहते हैं।

MAGNETIC DECLINATION
MAGNETIC NORTH
TRUE NORTH

चुम्बकीय दिक् सूचक (Magnetic Compass)

मैगनेटिक कम्पास एक साधारण यंत्र होता है। यह एक पीतल का गोल डिब्बा होता है जिसका तल ३६०° में विभाजित किया जाता है। उसके केन्द्र पर एक छोटी-सी कील लम्बवत खड़ी होती है जिस पर सुई संतुलित रहती है। सुई का एक सिरा टंगा हुआ होता है अथवा उस पर कोई अन्य चिन्ह लगा होता है। यह सिरा चुम्बकीय उत्तर (Magnetic North) की ओर इंगित करता है। अत: इससे बड़ी आसानी से दिशा निश्चित की जा सकती है। कम्पास को समतल में रखिये। सुई स्वयं घूमना बन्द कर देगी और स्थिर हो जावेगी। अब क्षैतिज स्थित में ही कम्पास घुमाइये। लक्ष्य, कम्पास की धुरी तथा दर्शक की आँख से गुजरने वाली दृष्टि-रेखा से चुम्बकीय ध्रुव का कोण अथवा Magnetic Bearing ज्ञात हो जावेगी।

चित्र ११५

त्रिपार्श्व दिक् सूचक अथवा प्रिज्मैटिक कम्पास (Prismatic Compass)

यह साधारण मैगनेटिक कम्पास (Magnetic Compass) का परिष्कृत तथा संशोधित रूप मात्र होता है। इसमें चुम्बकीय सुई के स्थान पर एक चक्र होता है जिस पर ३६०° अंकित रहते हैं। अंकों का क्रम

दक्षिण विन्दु से प्रारम्भ होता है तथा घड़ी के क्रमांकों के तुल्य होता है। अतः ९०° पश्चिम, १८०° उत्तर, २७०° पू० तथा ३६०° या ०° दक्षिण दिशा को सूचित करते हैं। इन अंकों की लिखावट उल्टी होती है, अतः त्रिपार्श्व के द्वारा उनका प्रतिबिंब सीधा दीखता है। यह चक्र छड़-चुम्बक (Bar Magnet) पर सतुलित रहता है तथा उसके साथ सुगमता पूर्वक कील की नोक पर घूम सकता है।

प्रिज्मैटिक कम्पास के एक छोर पर एक त्रिपार्श्व (Prism) लगा रहता है जिसके नाम पर ही इसका नामकरण हुआ है। इसके द्वारा वस्तु तथा दिकमान एक साथ दृष्टिगोचर होते है तथा चक्र पर अंकित संख्याएँ सीधी तथा बड़ी लगती है। त्रिपार्श्व के ऊपर ही दृष्टि द्वार (Peep sight or slit) होता है जिससे लक्ष्य की ओर देखते हैं। व्यास के दूसरे छोर पर एक लक्ष्यद्वार (Sight Vane) होता है जिसके बीचो-बीच मे एक तार अथवा धागा लगा रहता है। दिक्मान लेते समय दृष्टि द्वार (Peep Sight), लक्ष्यद्वार (Sight Vane) तथा लक्षित वस्तु (Object) एक सीध में होनी चाहिए। जब लक्षित वस्तु चमकीली हो अथवा प्रकाश का चकाचौंध हो तो रंगीन शीशे (एक हरा दूसरा लाल) का प्रयोग किया जाता है।

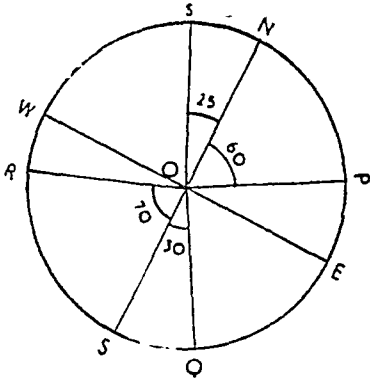
सैनिक प्रिज्मैटिक कम्पास (Military Pattern Prismatic Compass) के डिब्बे में जैतून का तेल भरा रहता है जिसके फलस्वरूप छड़-चुम्बक अधिक चलायमान नही होता है। जब यत्र व्यवहार मे न हो तो चुम्बक को लीवर (Lever) से उठा देना चाहिये। व्यवहार करते समय यदि छड़-चुम्बक अधिक चलायमान हो तो Brake अथवा Press द्वारा उसकी गति को रोका जा सकता है।

सैनिक प्रिज्मैटिक कम्पास के लिए त्रिदंड (Tripod) की आवश्यकता नही होती है, परन्तु साधारण प्रिज्मैटिक कम्पास के व्यवहार मे इसका प्रयोग वांछनीय है। इस त्रिदण्ड (Tripod) मे गोले तथा कटोरी का प्रवन्ध (Ball and Socket Arrangement) होता है जिसके कारण यंत्र को प्रत्येक दिशा मे आसानी से घुमाया जा सकता है।

प्रिज्मैटिक कम्पास द्वारा दिक्मान निकालना

ज्योमित मे एक रेखा के दूसरी रेखा पर झुकाव को कोण कहते है। परन्तु प्रिज्मैटिक कम्पास द्वारा ऐसा कोई कोण ज्ञात नहीं किया जा सकता, इसमे दिक्मान होता है जिसका तात्पर्य होता है दृष्टिरेखा (Line of Sight) का चुम्बकीय मध्यान्ह रेखा पर झुकाव। यदि दो दृष्टि रेखाओं के बीच का कोण ज्ञात करना हो तो उन दोनों के दिक्मान लेगे, उनका अन्तर ही अभीष्ट कोण होगा। थियोडोलाइट मे ऐसे कोणों को प्रत्यक्ष पढ़ा जा सकता है।

चित्र ११६

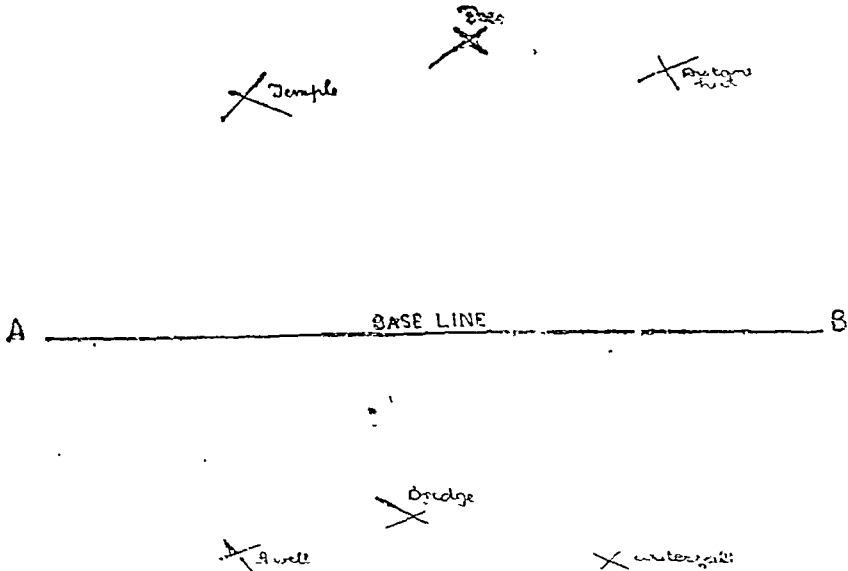
दिक्मान सदैव उत्तरी-दक्षिणी चुम्बकीय रेखा के सहारे घड़ी की दिशा में पढ़े जाते हैं। ब्रिटिश प्रणाली के अनुसार दिक्मान का मूल्य ०° से ३६०° तक (whole circle Bearing) होता है क्योंकि यह उत्तरी-दक्षिणी चुम्बकीय रेखा के केवल उत्तरी सिरे के सहारे ही पढ़ा जाता है। अमरीकी प्रणाली में दिक्मान चारों पादों (Quadrants) में N तथा S की सहायता से पढ़ा जाता है। अतः N ६० E का तात्पर्य होगा कि दृष्टि-रेखा (Line of Sight) चुम्बकीय मध्यान्ह रेखा की उत्तरी भाग से पूर्व की दिशा ६०° का कोण बनाती है। इस प्रकार P, Q, R तथा S के दिक्मान क्रमशः N ६० E, S ३० E, S ७० W, तथा N २५ W होंगे।

त्र ११७

भौगोलिक मध्यान्ह रेखा तथा दृष्टि रेखा के बीच के क्षैतिज कोण (Horizontal Angle) को Azimuth अथवा True Bearing कहते हैं। इनका मान सदैव वास्तविक उत्तर अथवा दक्षिण (True North or South) की सहायता से ज्ञात किया जाता है, अतः ये पृथ्वी के केन्द्र से सम्बन्धित होते हैं। इसके विपरीत दिक्मान (Bearing) पृथ्वी के धरातल से सम्बन्धित होता है।

दिक्मान ज्ञात करते समय इस बात का स्मरण रखना चाहिये कि प्रिज्मैटिक कम्पास अपनी क्षैतिज अवस्था (Horizontal Position) में रहे तथा चुम्बकीय चक्र स्थिर रहे। प्रिज्मैटिक कम्पास को त्रिदण्ड (Tripod) पर पेच (Screw) के सहारे कस देना चाहिये तथा साहुल (Plumb bob) से उसे केन्द्रित (Centring) भी करना चाहिए।

Compass Sketch Surveying

एक ऐसे क्षेत्र में जहाँ कोई बाधा न हो, प्रिज्मैटिक कम्पास द्वारा शीघ्रता तथा सरलता से मापन किया जा सकता है। इसके लिए एक तख्ता (Sketch Board) (जिस पर कागज लगाया जा सके), एक चाँदा (दिक्मान अंकित करने के लिए कम्पास) तथा अन्य खींचने के सामान की आवश्यकता है।

कम्पास स्कैच सर्वे में सर्व प्रथम एक आधार रेखा (Base line) का चयन किया जाता है। आधार रेखा ऐसी होनी चाहिए जिसके दोनों सिरों से क्षेत्र के सभी विन्दुओं को सुगमतापूर्वक देखा जा सके। आधार रेखा के एक

A BASE LINE B

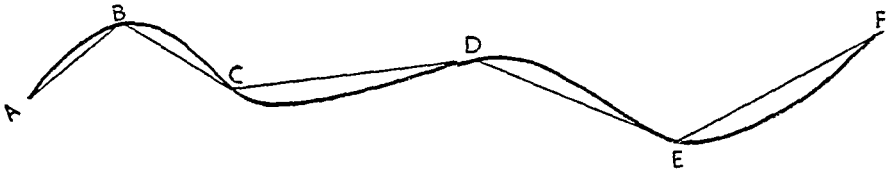
चित्र ११८

सिरे (A) से विभिन्न लक्ष्य विन्दुओं का दिक्मान ज्ञात करके चाँदे द्वारा कागज पर अंकित कर देते हैं। इस प्रकार विभिन्न लक्ष्य विन्दुओं के लिए रेखाएँ अथवा किरणें (Rays) खिच जाती हैं। आधार रेखा (Base line) के

दूसरे सिरे (B) का भी दिक्‌मान ज्ञात कर लेते हैं तथा आधार रेखा को खींच देते हैं। आधार रेखा की लम्बाई मापकद्वारा निश्चित कर दी जाती हैं और B विन्दु को कागज पर अंकित कर दिया जाता है। तत्पश्चात सर्वेक्षण कर्ता B विन्दु पर जाकर पुन: विभिन्न लक्ष्य विन्दुओं (Objects) तथा A विन्दु का दिक्‌मान ज्ञात करता है तथा चाँदे की सहायता से उनकी किरणों (Rays) को भी खींचता है। जिन विन्दुओं पर आधार रेखा के A तथा B सिरों से खींची हुई रेखाएँ एक दूसरे को काटती हैं, वे ही लक्ष्य विन्दु होते हैं।

Compass Traverse

मार्ग मापन में प्रिज्मैटिक कम्पास द्वारा कार्य वड़ी सरलतापूर्वक हो जाता है। इस संवंध में डिवन्हम का कथन उल्लेखनीय है: "Although geographers and geologists are usually concerned with areas, it happens often enough that they wish for an accurate survey of a natural line, such as the bed of a stream, the outcrop of a formation, the route of a path, or the line of a boundary. For such work the method of surveying by traverse is admirably suited and is in common use in professional surveying."[1]

विधि (Procedure) :—प्रिज्मैटिक कम्पास द्वारा मार्ग मापन (Traversing) जरीब के मार्ग मापन के ही तुल्य है। इसमें वहुत सी संवंधित रेखाओं (Connected lines) की लम्वाई तथा उनका दिक्‌मान ज्ञात जाता है। परन्तु प्रिज्मैटिक कम्पास से संवंधित रेखाओं (Connected lines) की अथव मार्ग भुजाओं (Legs of Traverse) का दिक्‌मान वड़ी सुगमता से ज्ञात हो जाता है। उनकी दूरी को फीते से नाप लेते

चित्र ११९

हैं तथा यथा स्थान लम्व दूरियाँ भी नाप लेते हैं अथवा उनका दिक्‌मान भी ज्ञात कर लेते हैं यदि लम्ब दूरी अधिक हो। यदि अधिक शीघ्रता हो तो दूरियों को डगों (Paces) द्वारा भी नापा जा सकता है। यदि अधिक शुद्धता वाँछनीय हो तो कम्पास को त्रिदण्ड पर पेंच से कस देना चाहिये तथा अग्र दिक्‌मान (Forward Bearing) तथा पृष्ठ दिक्‌मान (Back Bearing) दोनों को ज्ञात करना चाहिये, तथा दूरियों को फीते से नापना चाहिये।

प्रिज्मैटिक कम्पास द्वारा मार्ग मापन दो प्रकार से किया जाता है :—

(१) खुला मार्ग मापन (Open Traverse or Route Survey)
(२) वन्द मार्ग मापन (Closed Traverse)

खुला मार्ग मापन (Open Traverse)

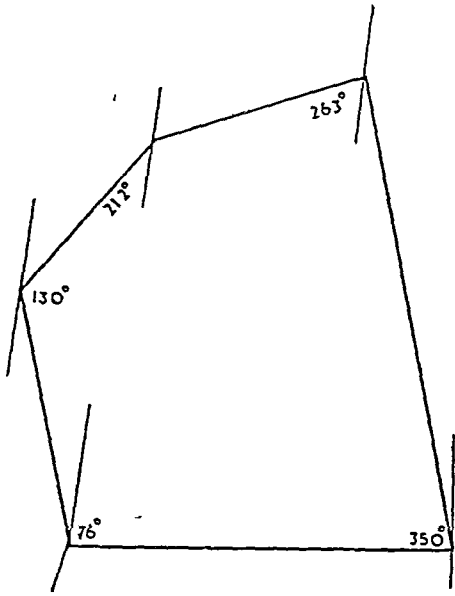
खुले मार्ग मापन में सर्वेक्षण कर्ता अपने आरम्भ स्थान पर लौटकर नहीं आता है, वह मार्ग के सहारे आगे ही वढ़ता जाता है। आयोचित रेलवे लाइन, सड़क अथवा अन्य मार्गों के सर्वेक्षण में इसी विधि का प्रयोग किया जाता है। इसमें चयन विन्दु ऐसे लिये जाते हैं जो मार्ग के किनारे मोड़ों पर स्थित हों। उदाहरणार्थ उपरोक्त चित्र में A, B, C, D, तथा E आदि को देखिये। सर्वेक्षण कर्ता A विन्दु से B का अग्र दिक्‌मान (Forward Bearing) ज्ञात करता है। B विन्दु पर एक लक्ष्य दंड (Ranging Rod) गाड़ दिया जाता है तथा AB की लम्वाई भी फीते से नाप लेता है। दाहिनी अथवा वाईं ओर स्थित वस्तुओं का भी दिक्‌मान लिया जा सकता है। तत्पश्चात् सर्वेक्षणकर्ता A से B स्थान पर जाता है तथा A का पृष्ठ दिक्‌मान (Back Bearing) तथा C का अग्र दिक्‌मान (Forward Bearing) ज्ञात करता है। यहाँ भी वह मार्ग के दाहिने तथा वाईं ओर की वस्तुओं का दिक्‌मान अथवा लम्वदूरी (Offset) ले लेता है। इसी प्रकार वह मार्ग पर अग्रसर होता जाता है।

1, Debenham, Map Making. p. 73 (1937).

बन्द मार्ग मापन (Closed Traverse)

बन्द मार्गमापन (Closed Traverse) में आरम्भ तथा अन्तिम विन्दु एक ही होता है अर्थात् जिस विन्दु से मापन प्रारम्भ करते हैं अन्त में उसी विन्दु पर लौट आते हैं। चूँकि अन्तिम विन्दु नियत रहता है अतः

	A	दूरी फुटों में
	३३७°	
	८३	
	६१	१२ गोशाले का कोना
भवन का कोना १५	४४	
	३३	७ गोशाले का कोना
	१५७°	
	E	
	४१°	
	९८	
भवन का कोना ६	५९	
	२२१°	
	D	
	१२३°	
	११३	
	५४	
भवन का कोना ५	३२	१६ वृक्ष
	३०३°	
	C	

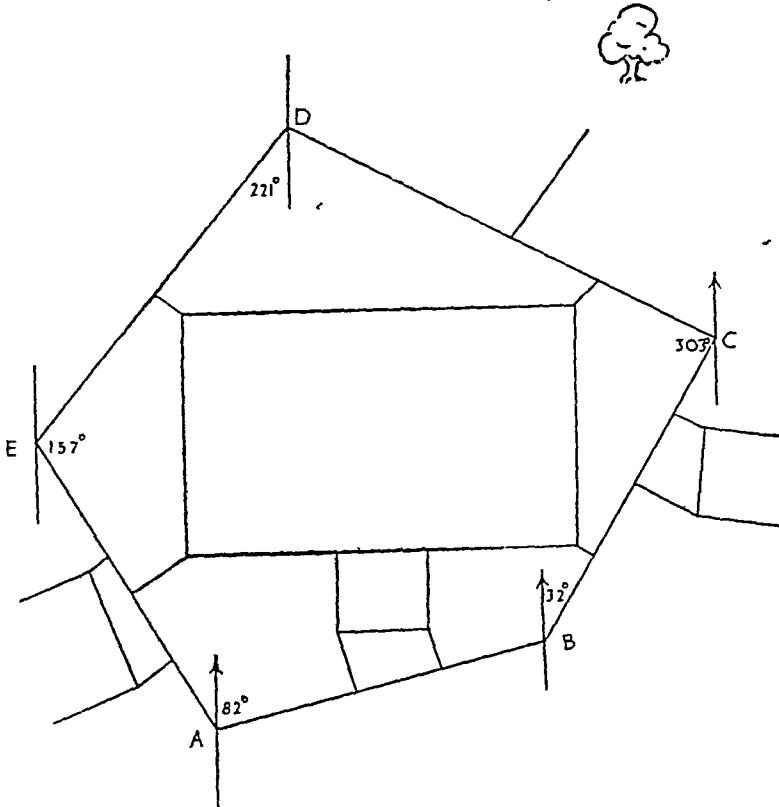
	C	
	२१२°	
	८५	
	६९	८ corner S.Q.
	४८	१८ corner S.Q.
	२८	
भवन का कोना ५	३२°	
	B	
	२६२°	
	८६	
पोर्टिको का कोना १२	५८	
पोर्टिको का कोना २६	३९	
	८२°	
	A	

चित्र १२०

इसमें त्रुटि सुधार सुगमतापूर्वक हो जाता है। परन्तु खुले मार्ग मापन (Open Traverse) में ऐसा संभव नही हो पाता है। इसमें भी विन्दुओं का चुनाव इस प्रकार किया जाता है कि वे मार्ग के मोड़ों पर स्थित हों तथा सीमारेखा (Boundary line) से अधिक से अधिक निकट हों। शेष कार्य खुले मार्ग मापन की विधि के अनुसार ही सम्पन्न किया जाता है। चित्र १२० बन्द मार्ग मापन का उदाहरण प्रस्तुत करता है।

माप विवरण पुस्तिका का आलेख

सर्वेक्षण की समस्त नाप-जोख का माप विवरण पुस्तिका में आलेखन किया जाता है। इसमें तीन कोष्ठ होते हैं जो जरीब मापन की माप-विवरण पुस्तिका के कोष्ठों के समान ही होते हैं। अन्तर केवल यह होता है कि इसमे दूरियों के साथ-साथ दिक्मान भी अंकित किये जाते हैं। उदाहरणार्थ उपरोक्त माप-विवरण पुस्तिका को देखिये।

क्षेत्र का रेखाचित्र तैयार करना

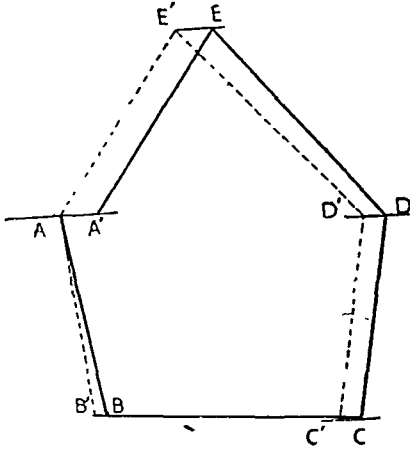
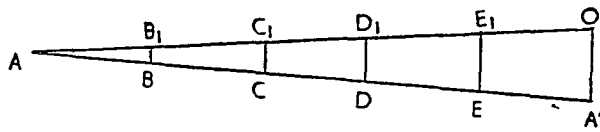
सर्व प्रथम कागज पर कोई सुविधाजनक विन्दु (A) लीजिये तथा उससे गुजरती हुई कोई उत्तर-दक्षिण रेखा खींचिए। A विन्दु पर उक्त रेखा के सहारे घड़ी की दिशा में ८२° का कोण बनाइये तथा मापक द्वारा A B की

चित्र १२१

लम्बाई नियत कर दीजिये । A से ३९′ तथा ५८′ की दूरी पर क्रमशः १६′ तथा १२′ की लम्ब दूरियाँ (Offsets) खींचिए । अब B पर A विन्दु पर खींची गई उत्तर दक्षिण रेखा के समानान्तर एक रेखा खींचिए । उस पर घड़ी की दिशा में ३२° का कोण बनाइये तथा BC की दूरी नियत कीजिये, अभीष्ट लम्ब दूरियाँ भी खींचिये । इसी प्रकार CD,DE तथा EA को नियत कीजिए तथा उन पर यथास्थान लम्ब दूरियाँ खींचिये । इस प्रकार अभीष्ट विन्दुओं को मिला देने से क्षेत्र का रेखाचित्र तैयार हो जावेगा ।

बन्द मार्ग-मापन में त्रुटि-सुधार (Correction of Closing Error)

यदि हमने विवरण पुस्तिका के अनुसार क्षेत्र का मानचित्र तैयार कर लिया और अंतिम विन्दु प्रथम विन्दु को नही ढकता तो दोनों के बीच की दूरी को (Closing Error) कहते हैं । मानचित्र में A′A Closing Error है । इसे सुगमतापूर्वक बाउडिच नियम (Bowditch's Rule) के अनुसार सुधार सकते हैं ।

बाउडिच नियम के अनुसार A′A सामूहिक त्रुटि है जिसे B,C,D,E तथा A विन्दुओं पर समानुपात में वितरित किया जा सकता है तथा क्षेत्र के रेखाचित्र को सन्तुलित किया जा सकता है । इसे क्रियात्मक रूप देन के लिये क्षेत्र की भुजाओं के परिमाप (Perimeter) के बराबर एक सरल रेखा खींचिये तथा उस पर B,C,D, आदि विन्दुओं को यथा स्थान अंकित कीजिये । यदि परिमाप बहुत अधिक हो तो कुल लम्बाई का आधा, तिहाई, चौथाई आदि सुविधानुसार लिया जा सकता है । इस प्रकार भुजाओं की लम्बाई भी एक ही समानुपात में घट जावेगी । उदाहरणार्थ यदि परिमाप की आधी ही लम्बाई खींची जावे, तो AB की लम्बाई भी आधी हो जावेगी । A′ विन्दु पर A′A के बराबर A′O एक लम्ब खींचिये । यह स्मरण रखना चाहिए कि A′O की लम्बाई A′A के बराबर ही रक्खी जावेगी चाहे परिमाप की कुल की लम्बाई के बराबर रेखा खींची जावेगी अथवा उसके आधे, तिहाई आदि के बराबर ।

चित्र १२२

OA को मिलाइये तथा B,C,D आदि पर BB_1, CC_1, DD_1 आदि लम्ब खींचिए B, C, D आदि विन्दु से होती हुई AA के समानान्तर रेखाएँ खींचिये तथा उन पर BB_1, CC_1, DD_1, तथा EE_1, की दूरियों क्रमशः B, C, D तथा E विन्दुओं से (A′A की दिशा मे) अंकित कीजिए । यह उल्लेखनीय है कि यह दूरियाँ सदैव A′A की दिशा में ली जावेगी AA′ की दिशा में नहीं । इस प्रकार प्राप्त विन्दुओं को मिलाकर क्षेत्र का शुद्ध रेखाचित्र तैयार हो जावेगा । अब इस पर लम्ब दूरियों को खींचिए तथा अन्य विवरण को यथास्थान भरिये ।

चित्र १२३

दिक्मान के मापन में निम्नांकित कारणों से त्रुटियाँ हो सकती हैं :—

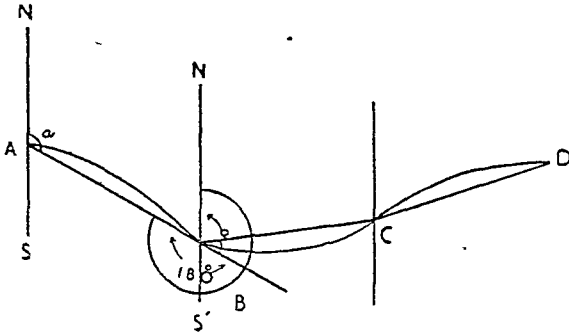
(१) चुम्बकीय सुई पर किसी लौह पदार्थ का आकर्षण हो ।

(२) यंत्र में कोई दोष हो ।

(३) कोई दृष्टि-दोष हो ।

प्रथम कोटि की त्रुटियों को स्थानीय त्रुटियाँ (Local Errors) कहते हैं । यदि सर्वेक्षण कर्त्ता किसी लोहे के पुल, खम्भे अथवा अन्य लौह पदार्थ के निकट हो तो चुम्बकीय सुई पर लोहे के आकर्षण के कारण पाठ अशुद्ध हो जाता है । यदि सर्वेक्षणकर्त्ता के पास कोई लोहे की वस्तु, चाबी आदि हो तो भी चुम्बकीय सुई पर उसका आकर्षण

पड़ता है। अतः जब दिकमान लिया जावे तो इन लौह वस्तुओं से दूर ही रहने का प्रयास होना चाहिये। परन्तु यदि कभी ऐसे क्षेत्र का सर्वेक्षण अनिवार्य हो जहाँ भूपटल के नीचे लोहा निहित हो तो चुम्बकीय सुई का उस पर प्रभाव अवश्यम्भावी है।

दिक्मान का शोधन (Corrections of Bearing)

चित्र १२४

प्रथम विधिः—ऐसी अवस्था में अमुक दृष्टि-रेखा के अग्र-दिक्मान (Forward Bearing) तथा पृष्ठ दिक्मान (Back Bearing) की तुलना की जाती है। चित्र में AB का अग्र दिक्मान (F.B.) ∠NAB or ∠a है तथा उसका पृष्ठ दिक्मान (BA) ∠NBA अथवा ∠b है। स्पष्ट है कि $\angle b = \angle a + १८०^\circ$। अतः यह स्मरण रखना चाहिये कि यदि अग्र दिक्मान तथा पृष्ठ दिक्मान का अन्तर १८०° है तो अमुक दिक्मान शुद्ध होगा, यदि इतना अन्तर न हो तो वह अशुद्ध होगा।

उदाहरण (१) :—किसी क्षेत्र के प्रिज्मैटिक कम्पास सर्वेक्षण मे निम्नलिखित दिक्मान प्राप्त हुये जिन पर चुम्वकीय प्रभाव स्पष्ट है :—

दृष्टि-रेखा	अग्र दिकमान	पृष्ठ दिकमान
AB	२°	१८०°
BC	४६०	२२६°
CD	१२५°	३०१०
DE	२०६°	२८°
EA	२८०°	१०४°

यदि हम उपरोक्त तालिका के अग्र दिकमानों और पृष्ठ दिकमानों की तुलना करें तो हम देखते हैं कि केवल BC का अग्र दिकमान ४६° तथा पृष्ठ दिकमान २२६° हैं तथा दोनों का अन्तर २२६° – ४६° = १८०°। इसका तात्पर्य यह हुआ कि B तथा C के दिकमान शुद्ध है। अतः AB का पृष्ठ दिकमान (B पर १८०°) तथा CD का अग्र दिकमान (C पर १२५°) शुद्ध है। चूँकि C का शुद्ध अग्र दिकमान १२५° हैं, अतः CD का शुद्ध पृष्ठ दिकमान १२५° + १८०° = ३०५° होगा। अतः D का पृष्ठ दिकमान पठित दिकमान से ३०५° – ३०१° = ४° अधिक है। इसका तात्पर्य यह है कि D के पठित अग्र दिकमान में भी ४° की कमी है। अतः शुद्ध अग्र दिकमान २०६° + ४° = २१०° तथा पृष्ठ दिक्मान ३०° होगा। E का पठित पृष्ठ दिकमान २८° है। अतः पठित दिकमान शुद्ध दिकमान से ३०° – २८° = २° कम है। इसलिये E का शुद्ध अग्र दिकमान २८०° + २° = २८२° होगा। इसी प्रकार A का शुद्ध पृष्ठ दिकमान २८२° – १८०° = १०२° है जो A के पठित दिकमान से २° कम है। यह A के अग्र दिकमान के लिए भी सत्य है। अतः A का अग्र दिकमान २° – २° = ०° होगा। फलस्वरूप शुद्ध पृष्ठ दिकमान १८०° होगा जैसा कि उपरोक्त तालिका में अंकित है। अतः शुद्ध दिकमान इस प्रकार होंगे :—

दृष्टि रेखा	अग्र दिकमान	पृष्ठ दिक्मान
AB	०°	१८०°
BC	४६°	२२६°
CD	१२५°	३०५°
DE	२१०°	३०°
EA	२८२°	१०२°

द्वितीय विधि

उपरोक्त तालिका को एक दूसरी विधि से भी शोधित किया जा सकता है जिसमे हमें दिकमानों की दिशा—घड़ी की दिशा अथवा उसके प्रतिकूल दिशा-पर विचार करना होगा। हम जानते हैं कि अग्र दिक्मान तथा पृष्ठ दिक्मान उसी अवस्था मे शुद्ध होंगे जब दोनों का अन्तर १८०° होगा। इस नियम के अनुसार तालिका में BC

दृष्टि रेखा दिकमान ही शुद्ध है क्योंकि उनका अन्तर २२६° – ४६° = १८०° है। दूसरे शब्दों मे B तथा C विन्दुओं का पाठ शुद्ध है। अतः B का दिकमान (१८०°) तथा C का अग्र दिकमान (१२५°) शुद्ध है। चूँकि C का अग्रमान दिकमान १२५° है अतः D का शुद्ध पृष्ठ दिकमान १२५°+१८०° = ३०५° होगा। इस D का शुद्ध पृष्ठ दिकमान निकालने मे पठित दिकमान मे ४° (घड़ी की दिशा मे) जोड़ने होंगे। इसलिये D का शुद्ध पृष्ठ दिकमान २०६°+४° (घड़ी की दिशा मे) = २१०° है। अतः E का शुद्ध पृष्ठ दिकमान = २१०° – १८०° = ३०°। E के इस शुद्ध पृष्ठ दिकमान तथा पठित दिकमान मे २° (घड़ी की दिशा मे) अन्तर है। अतः E का शुद्ध पृष्ठ दिकमान २८०°+२° (घड़ी की दिशा में) = २८२° होगा। फलस्वरूप A का शुद्ध पृष्ठ दिकमान १०२° होगा जिसका पठित दिकमान से २° (घड़ी को प्रतिकूल दिशा मे) का अन्तर है। A का अग्र दिकमान निकालने के लिये हमे पठित दिकमान में २° (घड़ी की प्रतिकूल दिशा मे) जोड़ने होंगे। अतः A का शुद्ध पृष्ठ दिकमान २° – २° (घड़ी की प्रतिकूल दिशा मे) = ०° होगा। B का शुद्ध पृष्ठ दिकमान १८०° होगा जैसा कि उक्त तालिका में अंकित है।

उदाहरण (२) :—

जब अग्र दिकमान पृष्ठ दिकमान N तथा S से संबंधित करके लिखे जाते है तो प्रथम शोधन विधि अधिक सहायक नहीं होती है। ऐसी अवस्था मे द्वितीय विधि का प्रयोग ही वांछनीय है।

प्रश्न :—निम्नांकित तालिका मे एक तालाब के प्रिज्मैटिक कम्पास सर्वेक्षण के आँकड़े दिये हुए हैं—

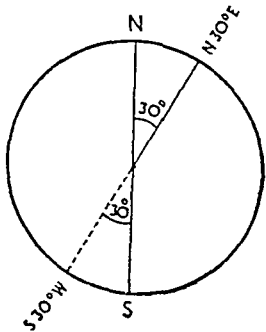
(अ) यह निर्धारित कीजिये कि कौन से दिकमान चुम्बकीय प्रभाव में ग्रस्त है तथा उनका शोधन भी कीजिये।

(ब) उपरोक्त तालिका से नकशा तैयार कीजिये जबकि मापक १ इंच = १०० फुट हो।

(स) यदि आवश्यक हो तो Closing Error का भी शोधन कीजिये।

स्टेशन	दृष्टिरेखा	लम्बाई	पठित दिकमान
A	AE		S ७६°E
	AB	४६५	N २°E
B	BA		S ०°W
	BC	३०५	N ४६°E
C	CB		S ४६°W
	CD	४९५	S ५५°E
D	DC		N ५९°W
	DE	५५५	S २६°W
E	ED		N २८°W
	EA	३६०	N ८०°W

[B. A. (Hons.) London' Varsity (1938)]

यदि दिकमान शुद्ध हैं, अग्र दिकमान तथा पृष्ठ दिकमान का अन्तर १८०° होना चाहिए। इसका तत्पर्य यह है कि जिसका अग्र दिकमान N ३०° E हो उसका शुद्ध पृष्ठ दिकमान S ३०° W होना चाहिए। (चित्र १२५ देखिये) दूसरे शब्दों में यह कहा जा सकता है कि शुद्ध पृष्ठ दिकमान निकालने के लिए अग्र दिकमान के अक्षरों को इस प्रकार बदल दिया जाता है कि N के स्थान पर S अथवा S के स्थान पर N तथा E के स्थान पर W अथवा W के स्थान पर E लिख दिया जाता है। परन्तु अक्षरों के बीच की संख्या में कोई परिवर्तन नहीं होता है।

चित्र १२५

अब यदि हम उपरोक्त तालिका पर विचार करे तो हम देखेंगे कि केवल BC तथा CB के दिकमानों में ही १८०° का अन्तर है क्योंकि वे क्रमशः N ४६° E तथा S ४६° W हैं। इसका तात्पार्य यह हुआ कि B तथा C विन्दु पर ही दिकमान शुद्ध है। अतः S०°W तथा S ५५° W भी शुद्ध दिकमान है।

चूँकि C का शुद्ध अग्र दिकमान S ५५° E है अतः D का शुद्ध पृष्ठ दिकमान S ५५° E + १८० = N५५°W होगा। परन्तु पठित दिकमान N५९°W है अतः DC के शुद्ध तथा पठित दिकमान मे ४° का अन्तर (घड़ी की दिशा मे)

है। इसलिए DE का शुद्ध दिकमान S ३०°W + १८०° = N ३०°E होगा, परन्तु दिकमान से २° कम (घड़ी की दिशा मे) है। अतः EA का शुद्ध दिकमान N ८०°W + २° (घड़ी की दिशा में) = N ७८° W होगा। इसलिए AE का शुद्ध दिकमान N ७८°W + १८०° = S ७८°E होगा। यहाँ शुद्ध तथा पठित दिकमान में २° का अन्तर (घड़ी की प्रतिकूल दिशा में) है। अतः AB का शुद्ध दिकमान = N २° E + २° (घड़ी की प्रतिकूल दिशा में) = N०°E। अतएव BA का शुद्ध दिकमान = N०°E + १८०° = S०°W होगा जो कि उपरोक्त तालिका में अंकित है। अतः शुद्ध दिकमान इस प्रकार होंगे:—

स्टेशन	दृष्टिरेखा	शुद्ध दिकमान
A	AE	S ७८°E
	AB	N ०°E
B	BA	S ०°W
	BC	N ४६°E
C	CB	S ४६°W
	CD	S ५५°E
D	DC	N ५५°W
	DE	S ३०°W
E	ED	N ३०°E
	EA	N ७८°W

यन्त्र सम्बन्धी त्रुटि का शोधन

यदि प्रिज्मैटिक कम्पास में ही दोष है तो उससे जितने भी पाठ किए जावेगे, अग्र दिकमान तथा पृष्ठ दिकमान का अन्तर कभी भी १८०° नहीं होगा। ऐसी अवस्था में अन्तर्गत कोणों (Included Angles) की सहायता से रेखाचित्र खींचा जा सकता है।

चित्र १२६

यांत्रिक दोष के कारण दिकमान शुद्ध नहीं होता। वह शुद्ध दिकमान से कम होगा अथवा अधिक। चित्र १२६ में इसे $\angle NBN_1$ से प्रदर्शित किया गया है। जहाँ NB शुद्ध चुम्बकीय उत्तर तथा NBN_1 अशुद्ध चुम्बकीय उत्तर को इंगित करते हैं। चूँकि यह मात्र सदैव ही जोड़ी अथवा घटाई जावेगी अतः दो दिकमान के अन्तर में इससे कोई परिवर्तन संभव नहीं है। चित्र से स्पष्ट है कि BA का दिकमान a तथा BC का दिकमान b है। अतः अन्तर्गत $\angle ABC = b - a$। यदि इन दोनों में NBN_1 अथवा x को जोड़ दें तो भी अन्तर्गत कोण $ABC = (b+x) - (a+x) = b - a$ ही रहेगा।

उपरोक्त व्याख्या के अनुसार अन्तर्गत कोणों को निम्नांकित नियम के आधार पर ज्ञात किया जा सकता है। अमुक विन्दु के अग्र दिकमान (F. B.) में से उसके पृष्ठ दिकमान (Back Bearing) को घटा दीजिये। यदि आवश्यकता हों तो ३६०° जोड़ दीजिये। ३६०° उस अवस्था में जोड़े जावेगे जब पृष्ठ दिकमान में जोड़ कर अन्तर्गत कोण निकाले जाते हैं तो वाह्य अन्तर्गत कोण (Exterior included angles) प्राप्त होते हैं। ये अन्तर्गत कोण सदैव दृष्टि रेखा के सहारे घड़ी की दिशा में नापे जाते हैं।

उदाहरण—१३० पृष्ठ पर दी हुई तालिका के अन्तर्गत कोण इस प्रकार होंगे—

अन्तर्गत कोण B = (४६° + ३६०°) − १८०° = २२६°

,, C = (१२५° + ३६०°) − २२६° = २५९°

,, D = (२०६° + ३६०°) − ३०१° = २६५°

,, E = (२८०° − २८°) = २५२°

,, A = (२° + ३६०°) − १०४° = २५८°

चूँकि अन्तर्गत कोणों का योग=२n±४ होता है (n=भुजाओं की संख्या)। अतः उपरोक्त पंचभुज (Pentagon) के सभी अन्तर्गत कोणों (बाह्य) का योग=२×५+४=१४ समकोण=१२६०° होना चाहिये। दिये हुए अन्तर्गत कोणों का योग १२६०° है अतः वे शुद्ध हैं।

अन्तर्गत कोणों की सहायता से दिक्‌मान ज्ञात करना
(Calculation of Bearings from Included Angles)

चित्र १२७

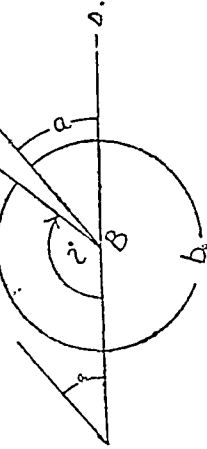
आसन्न चित्र में

$$b = a + i + १८०°$$

जहाँ a=∠NBD=AB का अग्र दिक्‌मान। i=अन्तर्गत कोण।

अतः BC का अग्र दिकमान ज्ञात करने के लिए, यदि उपरोक्त योग ३६०° से अधिक है तो उसमें से ३६०° घटाना पड़ता है। इसे दूसरे शब्दों में यों कहा जा सकता है :—

किसी रेखा के अग्र दिकमान में उस रेखा तथा अगली रेखा के अन्तर्गत कोण को जोड़िये। यदि योग १८०° से कम हो तो १८०° और जोड़िये; यदि १८०° से अधिक हों तो १८०° घटाइये।

इस नियम द्वारा दिकमान ज्ञात करने के लिए कम से कम एक शुद्ध अग्र दिकमान तथा अन्तर्गत कोणों का ज्ञात होना आवश्यक है। यही कारण है कि यह नियम अधिक प्रचलित नहीं है। वास्तव में जब अन्तर्गत कोण ही ज्ञात हों तो दिकमान ज्ञात करने की विशेष आवश्यकता नहीं होती है।

उदाहरण—उपरोक्त तालिका के आधार पर B विन्दु

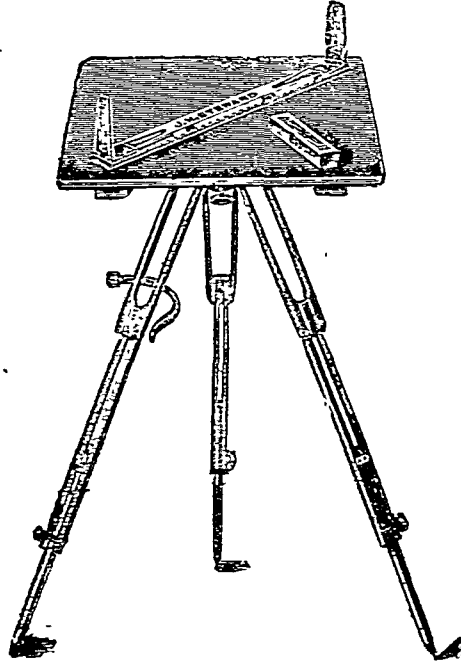
पर BC का अग्र दिकमान शुद्ध है, जिसका मान	= ४६°
∠BCD	=२५९°
	३०५°
	१८०°
C का अग्र दिकमान	=१२५°
∠CDE	=२६५°
	३९०°
	१८०°
D का अग्र दिकमान	=२१०°
∠DEA	=२५२°
	४६२°
	१८०°
E का अग्र दिकमान	=२८२°
∠EAB	=२५८°
	५४०°
	१८०°
A का अग्र दिकमान	=३६०° or ०°.

प्रिज्मैटिक कम्पास द्वारा स्थान निर्धारण (Resection)

किसी अज्ञात विन्दु को ज्ञात विन्दुओं के द्वारा नियत करने के नियम को स्थान-निर्धारण (Resection) कहते हैं। मान लीजिए कि सर्वेक्षणकर्ता क्षेत्र में किसी स्थान पर खड़ा है और उसे क्षेत्र के मानचित्र पर अपना प्रिज्मैटिक कम्पास की सहायता से अपना स्थान मानचित्र पर नियत कर सकता है। वह अमुक स्थान से दो ज्ञात विन्दुओं के अग्र दिकमान ज्ञात करेगा। उदाहरणार्थ यदि ज्ञात विन्दु A तथा B हैं। अब सर्वेक्षण कर्त्ता अपनी स्थिति से A तथा B के अग्र दिकमान ज्ञात करेगा। तत्पश्चात वह A तथा B के पृष्ठ दिकमान निकालेगा तथा मानचित्र पर उन्हें खींचेगा। जहाँ दोनों रेखाएँ एक दूसरे को काटेंगी वही अभीष्ट स्थान होगा।

खण्ड य

प्लेन टेबुल सर्वेक्षण (Plane Table Surveying)

प्रयोग :—प्लेन टेवुल सर्वेक्षण वह चित्रित पद्धति (Graphical Method) है जिसमें सर्वेक्षण तथा चित्रकारी (Drawing) दोनों साथ-साथ सम्पन्न होते हैं। इसे वहुधा थियोडोलाइट द्वारा सर्वेक्षित क्षेत्र के विवरण को भरने के काम में लाया जाता है। परन्तु कभी-कभी स्वतन्त्र रूप से इसे अमुक क्षेत्र के मानचित्र तैयार करने तथा उसके विवरण को भरने में प्रयोग किया जाता है। जब प्लेन टेवल से दोनों ही काम लिए जाते हैं तो इसे विवरण पूर्ण त्रिभुजीकरण (Graphic Triangulation) कहते हैं।

चित्र १२८

प्लेन टेबुल सर्वेक्षण के गुण

(१) प्लेन टेवुल सर्वेक्षण अधिक शुद्ध तथा सरल होता है।

(२) चूँकि इसमें मानचित्र सर्वेक्षण के साथ ही साथ क्षेत्र में पूरा होता जाता है, इसी कारण से इसम त्रुटियों की कम सम्भावना रहती है। यदि कोई त्रुटि हो भी जावे तो उसे तुरन्त दूर करके शुद्ध रेखाचित्र प्राप्त किया जा सकता है।

(३) इसमें सर्वेक्षण कार्य बड़ी शीघ्रता से सम्पन्न हो जाता हैं क्योंकि इसमें केवल आधार रेखा ही नापी जाती है। अन्य क्षैतिज रेखाओं तथा कोणों को नापने की आवश्यकता नहीं होती है और न विवरण पुस्तिका (Field book) ही तैयार करना होता है।

(४) चूंकि इसमें सारा कार्य क्षेत्र में ही सम्पन्न होता है अतः सर्वेक्षणकर्ता मानचित्र का क्षेत्रीय तथ्यों से तुलना कर सकता है और भूल-चूक सुधार सकता है। फिर समोच्च रेखाओं तथा धरातल की रूपरेखा भी भलीभाँति प्रदर्शित कर सकता है।

(५) इसमें यह भी सुविधा है कि आवश्यकतानुसार कार्य कहीं भी स्थगित किया जा सकता है तथा पुनः आरम्भ किया जा सकता है।

(६) इसकी क्रिया इतनी सरल है कि एक नवसिखिया भी अकेले ही किसी क्षेत्र का सन्तोषजनक मानचित्र तैयार कर सकता है।

(७) इसमें थियोडोलाइट की अपेक्षा व्यय बहुत कम होता है।

(८) यह चुम्बकीय क्षेत्रों के लिए विशेषरूप से उपयुक्त है।

प्लेन टेबुल सर्वेक्षण के दोष

(१) जब क्षेत्र बड़ा हो तथा उसमें शुद्ध दूरियों और कोण मापन वांछनीय हो तो प्लेन टेबुल का प्रयोग नहीं हो सकता।

(२) यह खुले क्षेत्रों के मापन में ही प्रयोग होता है। सघन वनों के लिए भी इसका प्रयोग वांछनीय नहीं है। इसके लिए प्रिज्मैटिक कम्पास सबसे अधिक उपयुक्त है। परन्तु यह बात स्मरणीय है कि भारत के अधिकांश वनों का सर्वेक्षण प्लेन टेबुल के द्वारा ही किया गया है।

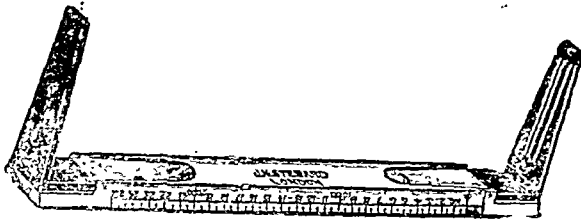
(३) यह निःसंदेह गर्म देशों का यंत्र है। परन्तु आर्द्र मौसम में इसका प्रयोग अवांछनीय है क्योंकि आर्द्रता के कारण कागज नम हो जाता है जिससे मानचित्र अशुद्ध हो जाता है।

(४) मानचित्र को किसी दूसरे मापक पर रूपान्तरित करने में बड़ी कठिनाई होती है।

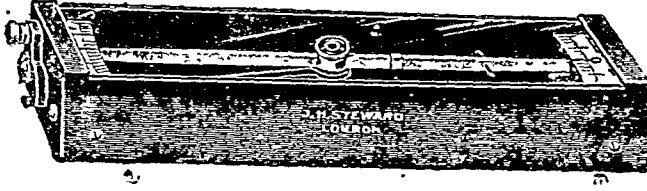
(५) प्लेन टेबल के साथ बहुत सी सहायक सामग्री होती है जिसका लाना ले जाना तथा रक्षा भी झंझट का कार्य है।

सामग्री (Equipment)

(१) **प्लेन टेबुल तथा त्रिदण्ड** (Plane Table and Tripod) :—चित्र १२९ में एक प्लेन टेबुल (तख्ता) एक त्रिदण्ड (Tripod) पर कसा हुआ दिखाया गया है। यह प्लेन टेबुल सागौन अथवा सनोवर की पक्की लकड़ी से बनाई जाती है। इसका आकार १६"×१२" अथवा १८"×१८" अथवा २४"×२४" अथवा ३०"×२४" का होता है। यह त्रिदण्ड (Tripod) पर पेंचों द्वारा इस प्रकार कस दिया जाता है कि नीचे के पेंचों को ढीला करके इसे किसी दिशा में घुमा सकते हैं।

(२) **दृष्टक** (Alidade or Sight-Rule)—यह मजबूत लकड़ी अथवा धातु की एक पटरी होती है जिसके दोनों सिरों पर दो लकड़ी अथवा धातु के लक्ष्य द्वार तथा दृष्टि-द्वार (Sight Vane or Peep Sight) लगे होते हैं जिनमें से एक में एक पतला तार-ऊर्ध्ववत बँधा होता है। पटरी के एक किनारे पर इंच आदि अंकित रहते हैं। जब किसी लक्ष्य बिन्दु को देखना होता है तो दृष्टक को आधार रेखा के सहारे इस प्रकार रखते हैं कि तार वाला भाग लक्ष्य बिन्दु की ओर रहे तथा दूसरा दृष्टा की ओर।

चित्र १२९

(३) **स्प्रिट लेविल** (Spirit Level) उसे प्लेन टेबुल को समतल में लाने के लिए प्रयोग किया जाता है। इसके भीतर एक हवा का बुलबुला होता है जो बीचों-बीच में होने पर टेबुल के समतल होने का प्रमाण प्रस्तुत करता है।

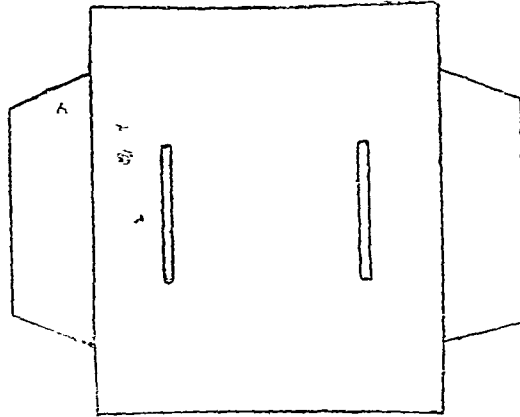
(४) ध्रुव दर्शक (Trough Compass)—यह एक आयताकार छोटी डिबिया सी होती है जिसमें चुम्बकीय सुई लगी रहती है जो चुम्बकीय उत्तर (Magnetic North) की ओर इंगित करती है।

चित्र १३० ध्रुव दर्शक

(५) फीता (Tape)—जिसे आधार रेखा के मापन मे प्रयोग किया जाता है।

(६) सुहावल (Plumb-bob)—इसे प्लेन टेबुल को केन्द्रित करने में प्रयोग किया जाता है।

(७) लक्ष्यदंड (Ranging Rod)—ये लक्ष्य विन्दुओं पर गाड़े जाते है।

(८) रेखाचित्र खींचने का सामान (Drawing Equipment).

सर्वेक्षण के लिए तैयारी—प्लेन टेबुल द्वारा सर्वेक्षण के पूर्व प्लेन टेबुल तथा उसके सहायक यंत्रो की जाँच कर लेनी चाहिए। फिर कागज को तख्ते के ऊपर मढना चाहिए। साधारणतया कागज तख्ते के आकार से वड़ा होना चाहिए जिससे कि उसे किनारों पर मोडकर तख्ते के नीचे आलपीनों द्वारा चिपकाया जा सके। ध्यान रहे कि कागज तख्ते के ऊपर आलपीनों से न जड़ा जावे क्योंकि इससे प्लेन टेबुल नष्ट हो जाती है।

चित्र १३१

कागज मढ़ने की उत्तम विधि यह है कि मलमल के एक टुकड़े को जो प्लेन टेबुल के आकार से वड़ा हो पानी में भिगोकर प्लेन टेबुल के ऊपर चिपका दें। तत्पश्चात् वढ़िया लेई द्वारा नम कागज को मलमल के कपड़े के ऊपर चिपका दें। कागज के वाहर निकले हुये किनारों को मोड़कर प्लेन टेबुल के नीचे आलपीनों से जड़ देते हैं। यह लगभग १२ घण्टे मे सूख कर कार्य में लाया जा सकता है। यदि कपड़े पर चिपका हुआ कागज प्राप्य हो, तो उसे नम करके प्लेन टेबुल पर चिपकाया जा सकता है।

सर्वेक्षण विधि

(अ) विवरण पूर्ण त्रिभुजीकरण : प्रतिच्छेद

(The Graphic Triangulation Method : Intersection)

"The principle involved is that one base line is carefully measured and a

number of triangles built upon it and upon themselves, the apexes of which are fixed points of the framework"[1]

आधार रेखा का चयन—सर्वप्रथम आधार रेखा का चुनाव किया जाता है तथा उसका माप लिया जाता है। एक उत्तम आधार रेखा के लिये आवश्यक है कि वह यथासंभव क्षेत्र में केन्द्रस्थ हो, समतल भूमि पर स्थित हो तथा उसके दोनों सिरों से सभी लक्ष्य विन्दु दृष्टिगोचर हों। उसकी स्थिति (केन्द्रीय अथवा पाक्षिक) को ध्यान में रखकर प्लेन टेबुल पर चिपके हुये कागज पर उसे एक सरल रेखा द्वारा प्रदर्शित किया जाता है तथा उस पर 'आधार रेखा' लिख दिया जाता है।

केन्द्रीयकरण (Centring)—मान लीजिये कि AB आधार रेखा को कागज पर खींचा गया है जिसके A विन्दु से सर्वेक्षण आरम्भ करना है। अतः प्लेन टेवुल को A विन्दु पर इस प्रकार सेट करना चाहिये कि A विन्दु अपने पृथ्वी के संगतीय विन्दु (Corresponding point on the ground) के ठीक ऊपर हो। इस क्रिया को केन्द्रीयकरण (Centring) कहते हैं, इसे सुहावल (Plumb-bob) द्वारा सम्पन्न किया जाता है। यदि टेवुल भली-भाँति केन्द्रित है, तो शुद्ध मानचित्र प्राप्त होगा। अन्यथा उसमें कुछ त्रुटि हो जावेगी।

प्लेन टेबुल को समतल में रखना (Levelling):—

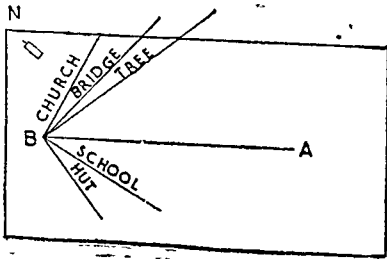
प्लेन टेवुल के समतल में करने के लिए स्प्रिट लेविल (Spirit level) की सहायता ली जाती है। इसे प्लेन टेवुल पर त्रिदण्ड के दो दंडों के बीच में इस प्रकार रखते हैं कि वायु का वुलवुला मध्यस्थ हो। ध्यान रहे कि वुलवुला सदैव उल्टी दिशा में गतिमान रहता है। तत्पश्चात् स्प्रिट लेविल को तीसरे दंड तथा पहले में से एक दण्ड के बीच में रखिये तथा उसे केन्द्रस्थ अवस्था में लाकर प्लेन टेवुल को समतल में कीजिये। इस कार्य को वड़ी सावधानी से करना चाहिये जिससे टेवल हिले-डुले नहीं।

दिशा निश्चय करना (Orientation);—

अब दृष्टक (Alidade) के अंकित किनारे को आधार रेखा के सहारे रखिये, पुर्जों को ढीला करके टेवुल इस प्रकार घुमाइये कि लक्ष्य-द्वार का तार तथा B विन्दु का लक्ष्य दंड एक सीध में दिखाई पड़ें। टेवुल को पुनः कस दीजिये तथा दृष्टि रेखा की जाँच कर लीजियें। इस कार्य को दिशा निश्चय (Orientation) कहते हैं अतः प्लेन टेवल की दिशा निश्चित करने (Orientation) का अर्थ यह हुआ कि कागज पर वनी हुई आधार रेखा को उसकी संगतीय पृथ्वी की रेखा के अनुरूप करना। दूसरे शब्दों में हम यह भी कह सकते हैं कि दिशा-निश्चय वह क्रिया है जिसके द्वारा मानचित्र में उसके संगतीय भू-क्षेत्र की सम्वन्धित दिशा निर्धारित की जाती है।

अब ध्रुव दर्शक को कागज़ के एक कोने में रखकर चुम्वकीय उत्तर नियत कीजिये। ट्रफ कम्पास (Trough Compass) के दोनों ओर दो रेखाएं खींच कर चुम्वकीय ध्रुव अंकित कीजिये। उत्तर दक्षिण दिशा अंकित करने के पश्चात प्लेन टेवुल स्थान-निश्चित कही जाती है।

'किरणें' खींचना (Drawing the Rays)

क्षेत्र के लक्ष्य विन्दुओं को क्रमशः घड़ी की सुइयों की दिशा में लीजिये। दृष्टक को इस प्रकार घुमाइयें कि लक्ष्य दृष्टिगोचर हो तथा दृष्टक A विन्दु से गुजरे। इस क्रिया को सुगमतापूर्वक A विन्दु पर पेंसिल रखकर अथवा आलपीन गाड़कर किया जा सकता है।

चित्र १३२

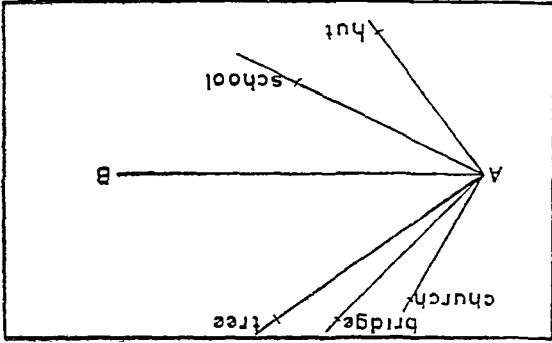
अब A विन्दु से प्रथम लक्ष्य विन्दु की ओर एक किरण (रेखा) खींचिए तथा उस पर उसका वर्णन भी अंकित कीजिये। इसी प्रकार अन्य लक्ष्य विन्दुओं की किरणें खींचिए तथा उन पर उनके वर्णन अंकित कीजिए। जव सभी किरणें खींची जा चुकें तो पुनः यह देखिये कि टेवुल समतल में है अथवा नहीं।

यदि प्लेन टेवल समतल में न हो, तो इसका तात्पर्य यह हुआ कि किरणें अशुद्ध अंकित हो गई हैं। अतः टेवुल को पुनः समतल में कीजिये तथा उल्टे क्रम में किरणें खींचिये अर्थात अंतिम किरण को सर्वप्रथम खींचिए। इस प्रकार किरणों को पुनः खींचते जाइये जव तक कि भूल का पता न लग जावे। उल्टे क्रम में किरणों के खींचने से यह लाभ है कि सब किरणों को नहीं खींचना पड़ेगा।

टेवुल को उठाकर B विन्दु पर सेट कीजिए। दृष्टक को AB रेखा के सहारे रखिये। पुर्जों को ढीला

1. Debenham F., "Map Making", p. 147 (1954).

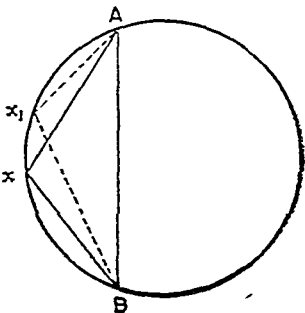
करके टेवुल को इस प्रकार घुमाइये कि A दृष्टिगोचर होने लगे। ध्रुव दर्शक (Trough-compass) को पूर्ववत अंकित रेखाओं के वीच में रखिये और यह देखिये कि वह उत्तर को शुद्धतापूर्वक इंगित करता है अथवा नहीं। यदि कोई अन्तर दीख पड़े तो इसका तात्पर्य यह होगा कि टेवुल समतल में नहीं है। आवश्यकतानुसार उसे शुद्ध कीजिए। अब B स्थान पर टेवुल की दिशा निश्चित हो गई। अतः B विन्दु से पूर्ववत सभी लक्ष्य-विन्दुओं की किरणें खींचिये जो B विन्दु से खींची हुई किरणों को काटेंगी तथा परिच्छेद-विन्दु लक्ष्य विन्दुओं का स्थान निर्धारित करेंगे जिन्हें संकेतों से अथवा छोटे वृत्तों से प्रदर्शित कर देना चाहिये। किरणों को रवड़ द्वारा मिटाया जा सकता है।

विद्यार्थियों को यह सदैव स्मरण रखना चाहिये कि वे कहीं भी प्लेन टेवुल से कार्यकर रहे हों, उन्हें किरणों की शुद्धता को विना जाँचे कभी भी टेवुल को अमुक स्थान से नहीं हटाना चाहिये। जव किसी विन्दु पर किरणों खींची जा चुकें तो यह भी जाँच करनी चाहिये कि प्लेन टेवुल समतल में है अथवा नहीं। यदि प्लेन टेवुल समतल में न हो, तो उपरोक्त विधि का अनुसरण करना चाहिये।

चित्र १३३

ऐसा भी हो सकता है कि कुछ लक्ष्य विन्दु जो A से दृष्टिगोचर हों, B से न दिखाई पड़ें अथवा इसके विपरीत स्थिति हो। चूंकि ऐसे विन्दुओं को भी किरणों खींचकर निर्धारित करना है तो सर्वेक्षणकर्त्ता B स्टेशन से एक नये C स्टेशन पर टेवुल को सेट करके यथावश्यक कार्यवाही करेगा। इस प्रकार आवश्यकतानुसार वह नये स्टेशन चुन कर अपना कार्य सम्पन्न कर सकता है।

(ब) विवरणपूर्ण त्रिभुजीकरण : स्थान निर्धारण विधि (Resection)

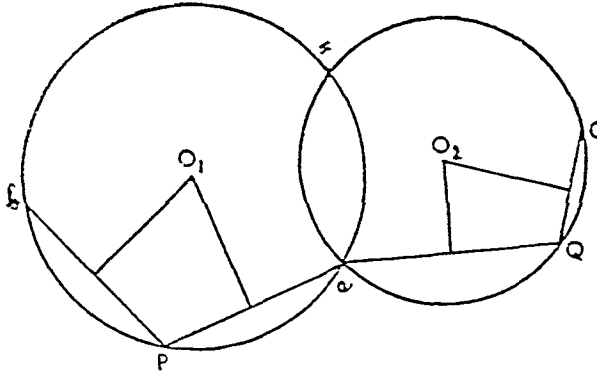
यह स्पष्ट है कि प्रथम विधि से क्षेत्र का वहुत विवरण प्राप्त हो जावेगा, परन्तु फिर भी यह संभव है कि कुछ वस्तुओं की भूल चूक हो जावे। ऐसे विन्दु जो किसी स्टेशन से न दीख पड़ें, उन्हें स्थान-निर्धारण विधि (Resection) द्वारा ज्ञात किया जाता है। इसके लिये सर्वेक्षणकर्ता प्लेन टेवुल को किसी उपयुक्त स्थान पर सेट करता है और सर्वप्रथम अपने स्थान को मान चित्र जो विवरण त्रिभुजीकरण प्रतिच्छेद (Intersection) द्वारा प्राप्त किया जाता है पर निर्भर करता है। ऐसा करने के लिये उसे ज्ञात विन्दुओं जिन्हें उसने मानचित्र पर Intersection द्वारा नियत किया है को लक्ष्य वनाना पड़ता है। चूँकि वह एक अज्ञात विन्दु से ज्ञात विन्दुओं की ओर लक्ष्य करता है अतः इसे स्थान निर्धारण विधि (Resection) कहते हैं।

स्थान निर्धारण विधि में किरण अज्ञात विन्दु से ज्ञात विन्दुओं की ओर लक्ष्य की जाती हैं। परन्तु प्रश्न यह है कि वह कौन सा विन्दु है जिससे किरणें ज्ञात विन्दुओं की ओर खींची जा सकती हैं? इस कठिनाई को लक्ष्य विन्दु के संगतीय विन्दु (जो कि कागज पर हैं) की सहायता से दूर किया जा सकता है। यदि सर्वेक्षणकर्ता A विन्दु की ओर क्षेत्र में लक्ष्य करता है, तो वह उसके संगतीय विन्दु a पर दृष्टक को जमायेगा तथा Aa की विलोम किरण को अपनी ओर खींचेगा। इसी प्रकार वह दूसरे विन्दुओं से भी विलोम किरणें खींचेगा। जहाँ पर तीनों विलोम किरणें एक विन्दु पर काटेंगी, वही अभीष्ट विन्दु होगा।

चित्र १३४

इस सिद्धान्त का आधार एक प्रमेय है जो यह प्रतिपादित करती है कि परिधि (Circumference) पर एक जीवा (Chord) से वने हुये सभी कोण वरावर होते हैं।

मान लीजिये एक सर्वेक्षणकर्ता ने Aa तथा Bb दो विलोम किरणे मानचित्र पर खींची जो विन्दु a पर एक-दूसरे को काटती हैं। यदि टेवुल को थोड़ा हटा कर दूसरे स्थान पर सेट करें और फिर Aa तथा Bb दो अन्य विलोम किरणें खींचें तो वे दूसरे विन्दु a पर एक दूसरे को काटेंगी। वास्तव में इस प्रकार अन्य कितने ही ऐसे विन्दु ज्ञात किये जा सकते हैं जो एक वृत्त की परिधि पर पड़ेंगे। (देखिये चित्र १३४)।

(i) रेखागणित की विधि (Geometrical or Graphical Methods)

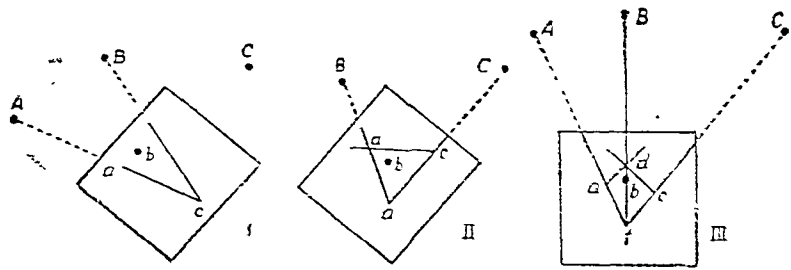
प्रथम विधि :—कोई तीन ज्ञात विन्दु A, B, C क्षेत्र में चुनिये जो मानचित्र पर क्रमशः a, b, c द्वारा प्रदर्शित किये गये हों। पहिले दो विन्दु A तथा B को लीजिये और Aa तथा Bb किरणें खींचिये जो P विन्दु पर मिलती हैं। aP तथा bP के समद्विभाग कीजिए तथा उन पर लम्ब खड़े कीजिये, जहाँ वे मिलें, वही विन्दु aPb परिधि का केन्द्र होगा। इसी प्रकार दूसरे स्थान पर टेबुल को सेट करके C तथा A विन्दुओं से Cc तथा Aa किरणें खींचिये जो Q विन्दु पर मिलती हैं। पूर्ववत् cQa वृत्त को भी खींचिए। आप देखेंगे कि a विन्दु दोनों वृत्तों पर पड़ता है। चूँकि टेबुल का स्थान भी सैद्धान्तिक रूप से दोनों वृत्तों पर पड़ना चाहिये, अतः वह दोनों वृत्तों का दूसरा परिच्छेद विन्दु x होगा।

चित्र १३५

द्वितीय विधि : बेसेल की विधि :—इस विधि का आधार निम्नलिखित सिद्धान्त है :

"In any inscribed quadrilateral the angle made by one of the side with one of the diagonals is equal to the angle made by the opposite side with the other diagonal."

मान लीजिये कि A,B तथा C क्षेत्र के ज्ञात विन्दु हैं जिनके संगतीय विन्दु मानचित्र पर क्रमशः a, b तथा c हैं। प्लेन टेबुल को समतल में रखकर दृष्टक को ca रेखा के सहारे जमाइये तथा उसे इतना घुमाइये कि A विन्दु (a की दिशा में) दीख पड़े। अब पुर्जों से टेबुल को कस दीजिए और c पर दृष्टक रख कर cB किरण खींचिये।

फिर दृष्टक को ac के सहारे रखिये और टेबुल को इतना घुमाइये कि c विन्दु (C की दिशा में) दीख पड़े। पुर्जों को कसकर a पर दृष्टक रखकर aB किरण खींचिए जो CB को d विन्दु पर काटेगी।

अब दृष्टक को bd के सहारे रखिये तथा टेबुल को इतना घुमाइये कि B दीख पड़े। अब टेबुल की दिशा निश्चित हो गई। अतः अभीष्ट विन्दु d,B b, Aa तथा Cc का सार्व विन्दु (Common point) होगा। bd को बढ़ा दीजिये तथा a विन्दु पर दृष्टक (Alidade) को रखकर Aa किरण खींचिये जो बढ़ी हुई db को x विन्दु पर काटेगी, जो अभीष्ट विन्दु होगा। प्रमाण के लिए Cc को खींचिए और आप देखेंगे कि Cc भी x विन्दु से गुजरती है।

चित्र १३६

(ii) पारदर्शी कागज की विधि (Mechanical or Tracing Paper Method)

यह स्थान निर्धारण (Resection) की सबसे सरल विधि है। इसके लिये एक पारदर्शी कागज लीजिये तथा इसे आलपीनों द्वारा मानचित्र के ऊपर लगा दीजिये। टेबुल को समतल में करके पारदर्शी कागज के ऊपर कोई विन्दु x लीजिये तथा उससे क्षेत्र के तीन ज्ञात विन्दुओं A, B तथा C की ओर किरणे खींचिये। अब आलपीनों को निकाल लीजिये और पारदर्शी कागज को मानचित्र पर इस प्रकार घुमाइये कि उस पर खींची हुई तीनों किरणों क्रमशः a, b तथा c जो मानचित्र पर A, B तथा C को प्रदर्शित करती हैं, से गुजरें। पारदर्शी कागज के विन्दु X के ठीक नीचे मानचित्र पर x अभीष्ट विन्दु होगा।

(iii) The Three Point Problem or Trial and Error Method

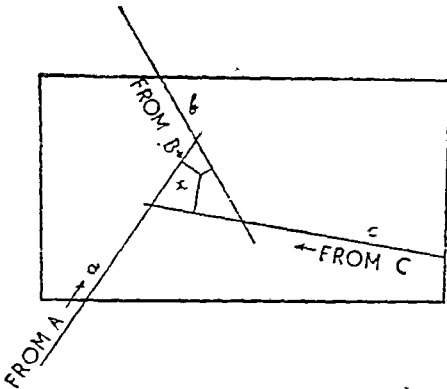
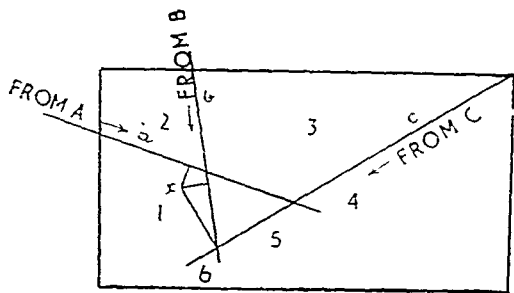
निम्नांकित वर्णन से कदाचित पाठकों को भ्रम हो सकता है कि यह विधि बड़ी जटिल है, परन्तु वास्तविकता यह है कि इसका क्रियात्मक रूप बड़ा ही सरल तथा रोचक है। इसमें भी तीन ज्ञात विन्दुओं की सहायता ली जाती है। मान लीजिये वे विन्दु A, B तथा C क्षेत्र में हैं तथा उनके संगतीय विन्दु कागज पर क्रमशः a, b तथा c हैं। टेबुल को समतल में रखिये तथा ध्रुवदर्शक (Trough compass) से उसकी दिशा निश्चय कीजिए। तत्पश्चात. Aa, Bb तथा Cc विलोम किरणें खींचिये। यदि मानचित्र शुद्ध है, टेबुल समतल में है तथा उसकी दिशा भी शुद्ध है तो तीनों विलोम किरणें एक विन्दु पर मिलेंगी जो अभीष्ट विन्दु होगा। परन्तु बहुधा यह समन्वय प्राप्त नहीं हो पाता, अतः तीनों किरणें एक विन्दु पर मिलने के स्थान पर एक त्रिभुज बनाती है जिसे त्रुटि त्रिभुज (Triangle of Error) कहते हैं। इसकी दो अवस्थायें हो सकती हैं :—

(१) जब प्लेन टेबुल का स्थान △ ABC के भीतर हो,

(२) जब प्लेन टेबुल का स्थान △ ABC के बाहर हो।

प्रथमावस्था—नियम १ :—चूँकि प्लेन टेबुल का स्थान △ ABC के भीतर है अतः अभीष्ट विन्दु त्रुटि त्रिभुज (Triangle of Error) के भीतर होगा।

नियम २ :—अभीष्ट विन्दु का स्थान तीनों किरणों से सामानुपातिक दूरी पर होगा। इसका कारण यह है कि जब हम प्लेन टेबुल को घुमाते हैं तो सभी किरणें एक साथ घूमती हैं; सबसे लम्बी किरण सबसे अधिक तथा सबसे छोटी किरण सबसे कम घूमती है। किरणों की लम्बाइयाँ त्रुटि-त्रिभुज के केन्द्र को a, b, तथा c विन्दुओं से मिलाकर प्राप्त किया जाता है।[1]

उपर्युक्त दोनों नियमों की सहायता से अभीष्ट विन्दु प्राप्त किया जाता है।

चित्र १३७ चित्र १३८

द्वितीयावस्था—नियम १ :—यदि प्लेन टेबुल का स्थान △ ABC के बाहर होगा तो अभीष्ट विन्दु त्रुटि-त्रिभुज (Triangle of Error) के बाहर होगा।

1. Jameson and Ormsby : Mathematical Geography, Vol. I, p. 51 (1949)

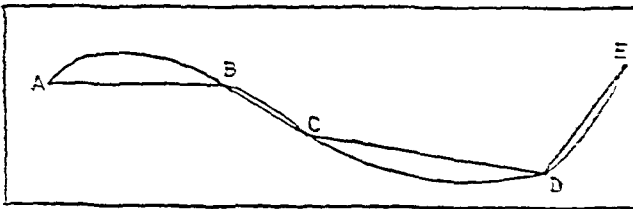
नियम २ :—अभीष्ट विन्दु सभी किरणों के दाहिने अथवा बायें होगा। यह नियम सभी ६ कोष्ठकों के लिये लागू है। उपरोक्त उदाहरण में कोष्ठक I सभी किरणों के बायें तथा कोष्ठक IV, सभी किरणों के दाहिने है। अत: अभीष्ट विन्दु कोष्ठक I अथवा कोष्ठक IV में ही हो सकता है।

नियम ३ :—अभीष्ट विन्दु का स्थान तीनों किरणों से समानुपातिक दूरी पर होगा। इसके आधार पर यह निश्चय किया जावेगा कि अभीष्ट विन्दु दोनों कोष्ठकों में से किसमें है। उपरोक्त उदाहरण में यह स्पष्ट है कि अभीष्ट विन्दु कोष्ठक I में होगा क्योंकि सबसे लम्बी किरण C विन्दु से गुजरती है और अभीष्ट विन्दु से उसकी दूरी उसी अवस्था में सबसे अधिक होगी जब कि वह विन्दु कोष्ठक I में स्थित हो।

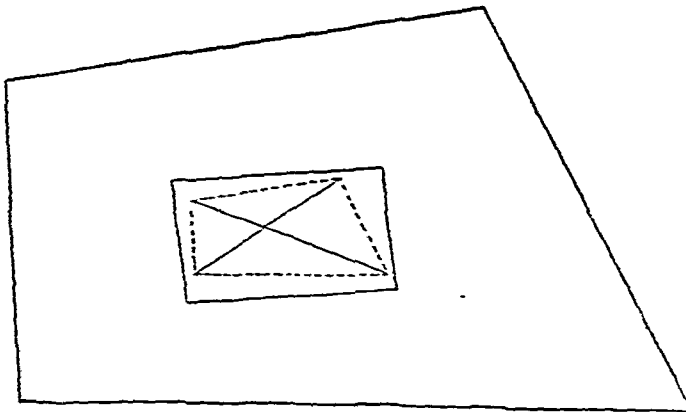
जांच :—जब X विन्दु (अभीष्ट) का स्थान प्राप्त हो जावे तो XC को मिला दीजिये। दृष्टक को प्लेन टेबुल पर रखिये। टेबुल को ढीला करके घुमाइये तथा उसे C की ओर सन्धान कीजिये। अब टेबुल के पुर्जे कस दीजिये तथा Aa और Bb किरणें खींचिये। यदि X विन्दु का स्थान शुद्ध होगा तो ये दोनों किरणें X से गुजरेंगी अन्यथा एक त्रुटि त्रिभुज बनावेंगी जो पहले से छोटा होगा। ऐसी अवस्था में उपरोक्त क्रिया को दोहराना पड़ेगा और तब अभीष्ट विन्दु प्राप्त होगा।

(स) मार्गमापन विधि (The Traverse Method)

प्लेन टेबुल द्वारा मार्गमापन में बहुत झंझट है क्योंकि इसमें विन्दुओं पर क्षैतिज दूरियाँ नापना पड़ती हैं। इस कारण से समय भी बहुत लगता है और फल भी अधिक सन्तोषजनक नहीं होता।

मान लीजिये कि आपको ABCDE मार्ग का सर्वेक्षण करना है (चित्र १३९) प्लेन टेबुल को A विन्दु पर सैट कर दीजिये तथा दृष्टक की सहायता से AB दृष्टि रेखा खींचिये। AB की नाप भी लीजिये तथा B विन्दु को निश्चित कीजिये। तत्पश्चात टेबुल को ले जाकर B विन्दु पर सैट कीजिये तथा दृष्टक की सहायता से BC दृष्टि रेखा खींचिये। BC को नाप कर C विन्दु का स्थान निश्चित कीजिये। इसी प्रकार आगे बढ़ते जाइये। यदि बन्द मार्गमापन है तो आप क्षेत्र के चारों ओर घूमकर प्रारंभिक विन्दु पर पहुँच जावेंगे।

चित्र १३९

(द) विकिरणीय विधि (The Radial Method)

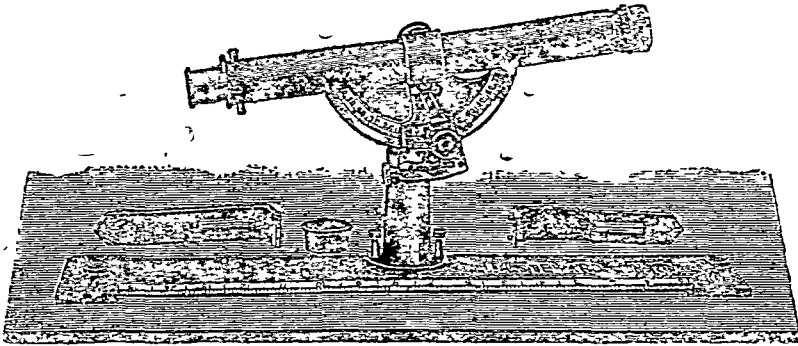
यह अन्य उक्त विधियों से सर्वथा भिन्न है। इसमें कोई आधार रेखा नहीं होती है, परन्तु सभी किरणें एक केन्द्रीय विन्दु से चतुर्दिश पहिया के आरागजों की भांति खींची जाती हैं तथा उनकी नाप ली जाती है। यह विधि कुछ कठिन है, परन्तु दूरबीनयुक्त दृष्टक (Telescopic Alidade) की सहायता से सुगम बनाई जा सकती है।

चित्र १४०

इस विधि से सर्वेक्षण करने के लिए प्लेन टेबुल को क्षेत्र के केन्द्र पर रखिए, समतल में कीजिए तथा किसी भी सेटिंग मे पेचों को कस दीजिए। अब कागज के केन्द्र के निकट कोई विन्दु लीजिए, तथा उससे प्रत्येक कोने को एक किरण खीचिये। इस प्रकार उनकी दिशायें नियत हो गई। अब इन किरणों की दूरी पृथ्वी पर नापिए तथा मापक के अनुसार कागज पर अंकित कीजिए। कोने के विन्दुओं को मिला देने से क्षेत्र की सीमायें निर्धारित हो जावेंगी। (देखिए चित्र १४०)

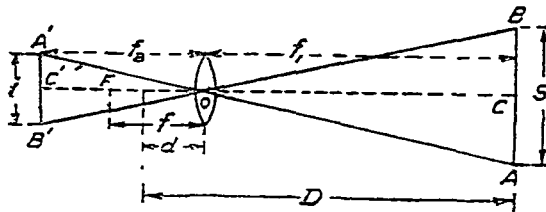
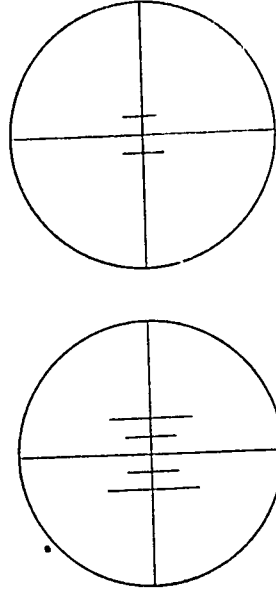
दूरबीनयुक्त दृष्टक (Telescopic Alidade)

दूरबीनयुक्त दृष्टक क्षेत्र के व्योरे की पूर्ति में बहुत सहायक होता है। इससे स्टैडिया विधि (Stadia Method) के द्वारा किसी अभीष्ट विन्दु की दूरी नापी जा सकती है। जब किसी विन्दु की दूरी ज्ञात हो तथा उसकी दिशा भी ज्ञात हो (दिशा किरण को खींच कर निर्धारित की जा सकती है), तो उसका स्थान सरलतापूर्वक निश्चित किया जा सकता है। इसका तात्पर्य यह हुआ कि इसमे विवरणपूर्ण त्रिभुजीकरण की भाँति दूसरी किरण के खींचने की आवश्यकता नहीं होती। दूरवीन का दूसरा लाभ यह भी है कि इसकी सहायता से साधारण दृष्टक की अपेक्षा अधिक दूर विन्दु की स्थिति सरलतापूर्वक निर्धारित की जा सकती है।

स्टैडिया विधि (Stadia Method)

दूरबीन के छिद्रयुक्त पट (Diaphragm) पर क्षैतिज तथा लम्बवत् दोनों व्यास अंकित रहते हैं। जब दूरबीन से किसी अभीष्ट विन्दु को देखते हैं तो सहायक दण्डक (Staff) को लेकर अभीष्ट विन्दु पर खड़ा होता है। छिद्रयुक्त पट (Diaphragm) पर लम्बवत् व्यास के क्षैतिज चिन्हों की दूरी दण्डक पर एक दूरी को काटती है जिसे सुगमतापूर्वक पढ़ा जा सकता है क्योंकि दण्डक फुटों के शतांकों में विभाजित होता है। दण्डक पर की ज्ञात दूरी तथा सर्वेक्षणकर्त्ता व अभीष्ट विन्दु के बीच की दूरी में एक निश्चित अनुपात (१ : १००) होता है। अतः धरातलीय क्षैतिज दूरी को इस प्रकार ज्ञात किया जा सकता है कि दण्डक पर की ज्ञात दूरी को १०० से गुणा किया जावे तथा उसमें दृष्टक से दूरबीन के केन्द्र विन्दु की दूरी (जो लगभग १ फुट होती है) को जोड़ दिया जावे।

चित्र १४१

क्षैतिज दूरी = [(दण्डक पर ज्ञात दूरी × १००) + १] फुट

उक्त सूत्र निम्नाकित चित्र से स्पष्ट है :

चित्र १४२

चित्र १४३

खण्ड य

ऊँचाई को निर्धारित करना
(Determination of Height)

गुरुत्वाकर्पण शक्ति मानव उद्योग मे विभिन्न प्रकार से महत्वपूर्ण है। परिवहन मार्गों, रेलों अथवा सड़कों के निर्धारण मे भी इसका गहन महत्व है क्योंकि मार्गो के उतार-चढ़ाव के लिये विशेप आयोजन की आवश्यकता पड़ती है। इसी प्रकार नहरों तथा नालों के निर्माण पर भी ढाल का प्रभाव पड़ता है। अत: किसी क्षेत्र के विवरण युक्त मानचित्रों में ऊँचाइयों का प्रदर्शन अनिवार्य हो जाता है।

ऊँचाइयों को अनेक यंत्रों द्वारा निर्धारित किया जा सकता है :—

(१) स्प्रिट लेविल (Spirit Level) बहुत ही शीघ्र ग्राह्य यंत्र होता है जो लम्बी दूरियों का बड़ी शुद्धता से मापन कर सकता है।

(२) क्लाइनोमीटर (Clinometer) भी बहुत उपयोगी होता परन्तु यह छोटी दूरियों के लिए अधिक उपयुक्त होता है।

(३) ऐनीरायड मापक यंत्र (Surveying Aneroid)

(४) थियोडोलाइट (Theodolite)

(५) हिप्सोमीटर (Hypsometre)

पनसाल विधि (Levelling)

पनसाल विधि वह क्रिया है जिसके द्वारा किसी क्षेत्र के विभिन्न विन्दुओं की सापेक्षित दूरियों को पनसाल (Level) द्वारा निर्धारित किया जाता है। इसके द्वारा आस-पास के विन्दुओं की ऊँचाई का अन्तर विभक्त दण्डक की सहायता से प्रत्यक्ष रूप से ज्ञात किया जा सकता है।

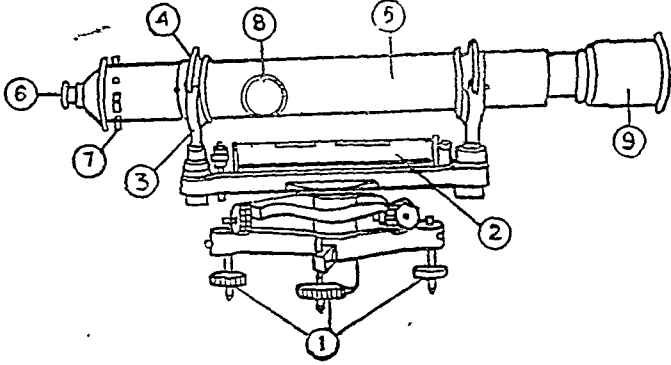
पनसाल मापन मे मध्यमान समुद्रजल-तल (Mean sea level) को निर्दिष्ट तल मान लेते है तथा विभिन्न विन्दुओं की ऊँचाइयों को उसी से सम्बन्धित करते है। विभाजन के पूर्व भारत का निर्दिष्ट तल (Datum Plane or Line) कांची का मध्यमान समुद्र-जल-तल (Mean Sea Level) था परन्तु अब मद्रास का मध्यमान समुद्र-जल-तल अभीष्ट है।

पंसाल यन्त्रों के प्रकार

कई प्रकार के पंसाल-यंत्र प्रचलित हैं। उनमें पूर्वकालीन वाई पन्साल (Y-level) तथा डम्पी-पंसाल (Dumphy level) हैं। नये यंत्रों में Watt's Highway Level सुविधाजनक एवं शुद्ध है।

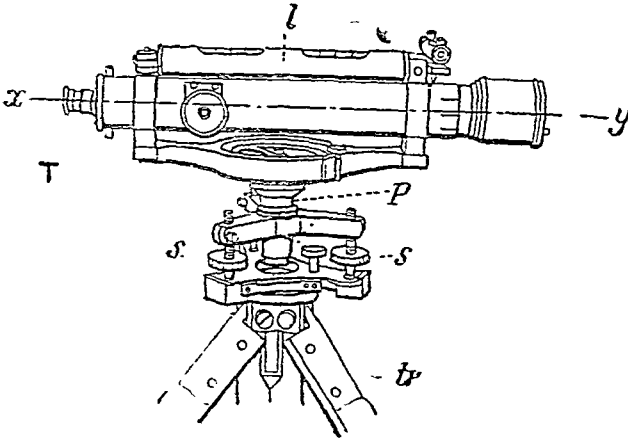
वाई पन्साल (Y-level)

वाई पंसाल (Y-level) का नामकरण इस प्रकार हुआ कि इसमें दूरवीन y-आकार के दो पताकों पर स्थित होता है। अतः दूरवीन को चूल (Pivot) से जोड़ने में बहुत से पुर्जों की आवश्यकता होती है जिनमें निम्नांकित प्रमुख हैं—

चित्र १४४––Y-level

(१) पंसाल के पुर्जे (Levelling Screws), (२) पंसाल ट्यूब (Level Tube), (३) वाई (Wyes), (४) किलिप (Clips), (५) दूरवीन (Telescope), (६) दृष्टि विन्दु (Eyepiece), (७) डायाफार्म के पुर्जे (Diaphragm Screws), (८) केन्द्रस्थ करने वाला पुर्जा (Focussing Screw), (९) (Ray-shade)।

इसमें दूरवीन को Y-आकार पताकों से पृथक कर दिया जा सकता है तथा उसे विलोम दिशा में किया जा सकता है। इससे सुगमता तथा शीघ्रतापूर्वक मापन किया जा सकता है। परन्तु यह अपेक्षाकृत शीघ्रता से असंतुलित हो जाता है तथा यंत्र अधिक मंहगा है।

डम्पी पंसाल (Dumpy Level)

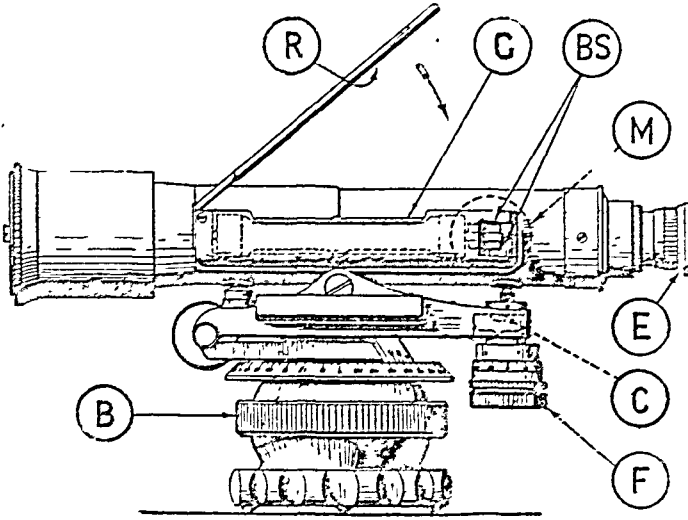
डम्पी लेविल (Dumpy Level) में दूरवीन लम्ववत् चूल (Vertical pivot) से जड़ा होता है जिससे Y-level की तुलना में संतुलन देर से नष्ट होता है। चित्र १४५ में स्प्रिट लेवेल (Spirit Level) L से, दूरवीन (Telescope) T से, चूल (Pivot) P से तथा पंसाल के पुर्जों (Foot Screws) S से प्रदर्शित किया गया है। L स्प्रिट लेविल दृष्टि रेखा (Line sight or "Line of Collimation) के समानान्तर है। जब स्प्रिट लेविल का वायु वुलवुला मध्यस्थ होगा, तो दृष्टि रेखा (x y) क्षैतिजावस्था में होगी। वायु वुलवुला को मध्यस्थ करने में पंसाल कर्ता पुर्जों की सहायता ली जाती हैं। दूरवीन को चूल पर घुमाया जा सकता है।

चित्र १४५

डम्पी पंसाल (Dumpy Level) की क्रिया बहुत सुगम है। इससे शीघ्रता तथा सुगमतापूर्वक सर्वेक्षण किया जा सकता है तथा इसका संतुलन भी टिकाऊ होता है।

वाट का राज-पथ पंसाल (Watt's Highway Level)

इसमें भी स्प्रिट लेविल तथा दूरवीन केन्द्रीय चूल से जड़े होते हैं। दूरवीन को चूल पर घुमाया जा सकता है तथा बुलबुले को मध्यस्थ किया जाता है। स्टैण्ड को समतल में लाने के लिये एक पृथक स्प्रिट लेविल (जो बहुधा गोलाकार होता है) का भी प्रयोजन है।

चित्र १४६ में विभक्त पुर्जों को प्रदर्शित किया गया है।

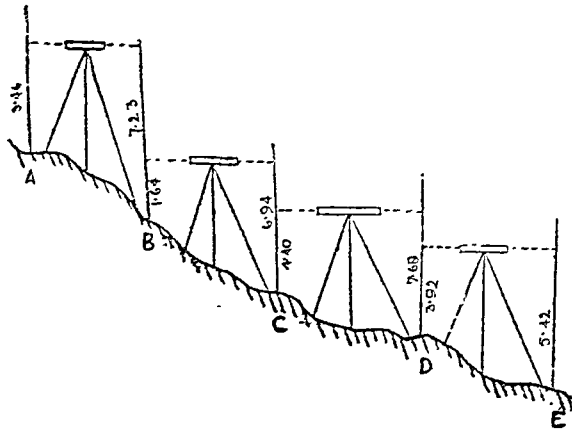
B = Levelling Head
C = Circular Bubble (गोलाकार वायु बुलबुला)
E = Eye-piece (दृष्टि विन्दु)
F = Micrometre (माइक्रोमीटर)
G = Main Air bubble (मुख्य वायु बुलबुला)
M = Focussing Screw (केन्द्री करण यंत्र)
BS = Telescope (दूरवीन)
R = Reflecting glass
G = Main Bubble

चित्र १४६

प्रयोग की विधि :—

(१) स्टैण्ड पर यंत्र को पेंचों द्वारा कस दीजिये। गोलाकार वायु बुलबुले (C) को पंसालकर्ता पेंचों द्वारा अथवा गोले तथा कटोरी के प्रबन्ध (Ball and Socket Arrangement) द्वारा समतल में कीजिये।

(२) दृष्टि विन्दु (Eye piece) को इस प्रकार घुमाइये कि डायाफ्राम के तार भलीभाँति दृष्टिगत हों।

(३) केन्द्रीयकरण यंत्र (Focussing Screw 'M') की सहायता से दूरवीन का केन्द्रीयकरण कीजिये। दूरवीन को पंसाल-दण्ड (Levelling Staff or Rod) की ओर लक्षित कीजिये।

(४) अब मुख्य वायु-बुलबुले (G) को माइक्रोमीटर (F) की सहायता से केन्द्रस्थ कीजिये।

चित्र १४७

विन्दु	पृष्ट दृष्टि (Back sight) +S	अग्र दृष्टि (Foresight) – S	विवरण
A	३·४६	....	
T. P. (B)	१·६४	७·२३	
T. P. (C)	४·४०	६·९४	
T. P. (D)	३.९२	७·६८	
E	....	५·४२	
योग	१३·४२	२७·२७	A तथा E की ऊँचाइयों का अतर (२७·२७ – १३·४२) = १३·८५ फुट

उपरोक्त तालिका से स्पष्ट है कि यदि A की ऊँचाई ज्ञात हो तो अन्य सभी विन्दुओं की ऊँचाई निर्धारित की जा सकती है। यदि समुद्र-जल-तल से A की ऊँचाई ५०० फुट हो तो B की ऊँचाई (५०० + ३·४६ – ७·२३) = ४९६·२३ फुट होगी, तथा C की ऊँचाई (४९६·२३ + १·६४ – ६·९४) = ४९०·९३ फुट होगी, इत्यादि। इसी प्रकार पंसाल-मापन में सदैव उस विन्दु से मापन प्रारम्भ करते हैं जिसकी वेन्च मार्क (Bench Mark) से ऊँचाई ज्ञात हो। इसकी सहायता से अन्य विन्दुओं की ऊँचाई ज्ञात कर ली जाती है।

पंसाल दन्ड (Levelling staff):—यह एक प्रकार का आयताकार मोटाई वाला लगभग २० फुट लंबा दण्ड होता हैं। इसके एक सिरे पर फुट तथा उसके दशांक एवं शतांक अंकित रहते हैं। यह दो प्रकार का होता है।

(१) **स्वयं पठित पंसाल दंड** (Self Reading Staff):—इसमें दण्ड पर दूरवीन की दूरियाँ प्रत्यक्ष रूप से पढ़ी जा सकती हैं। इसी कारण इसे स्वयं पठित पंसाल दण्ड (Self Reading Staff) कहते हैं। यह वहुधा महोगनी की पक्की लकड़ी का वना होता हैं जिसके ऊपर पीतल की पत्ती जड़ी होती है। इसकी वाईं ओर की लाल गिनतियाँ फुटों को, दाईं ओर की काली गिनतियाँ फुटों के अयुग्म दशकों को, तथा सफेद व काली रेखायें फुटों के शतकों को प्रदर्शित करती हैं।

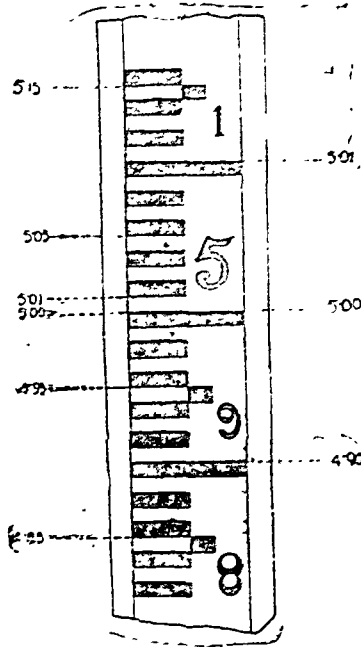
जब हम दूरवीन से पंसाल दंड (Levelling Staff) की ओर देखते हैं तो वह औधा दीखता है, इसलिये गणना नीचे से की जाती है।

(१) **लक्ष्य दण्ड** (Target staff):—इसमें दो मापम होते हैं जो पीतल के पुर्जों द्वारा एक दूसरे के ऊपर खिसकाये तथा कसे जाते हैं। दोनों मापक फुटों तथा उनके दशकों व शतकों में विभाजित होते हैं, परन्तु ऊपर खिसकाने वाले मापक पर विभाजन नीचे से किया जाता है। इसके वर्नियर मापक की सहायता से ०·००१ फुट तक लम्बाई नापी जा सकती है।

प्रयोग करते समय पंसाल दंड को सदैव लम्बवत् रखना चाहिये। उत्तम प्रकार के पंसाल दंडों में स्प्रिट लेवेल जड़ा रहता है जिससे दंड को सुगमता पूर्वक लम्बवत् किया जा सकता है। परन्तु साधारण पंसाल दंड़ों को सहायक अपनी नाक की सीध में लम्ववत् खड़ा करता है।

प्रमुख पंसाल विधियाँ

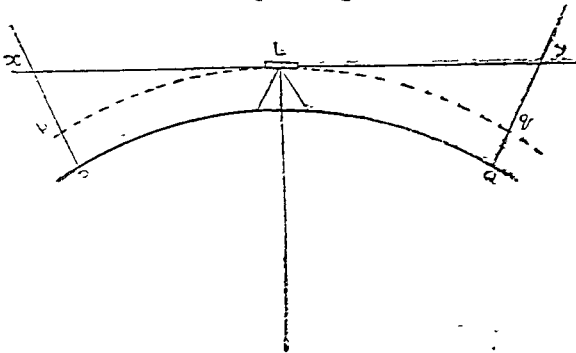
उच्चान्तर पंसाल विधि (Differential Levelling):—जब पंसाल द्वारा विभिन्न विन्दुओं के उच्चान्तरों को नाप करना अभीष्ट होता हैं तो उच्चान्तर पंसाल विधि (Differential Levelling) का प्रयोग किया जाता है। इसकी मापन विधि इस प्रकार है :—

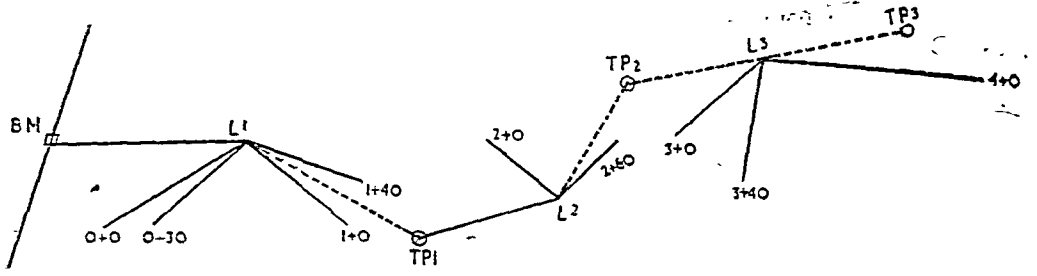
पंसाल को दो ज्ञात विन्दुओं के मध्य में स्थापित करते हैं। मध्यविन्दु पदों अथवा फीते से निर्धारित किया जा सकता है। पंसाल दंड (Levelling Staff) को विन्दु No. 1 पर लम्बवत् खड़ा करते हैं तथा दूरबीन द्वारा उसकी पृष्ठ दृष्टि (Back Sight) ज्ञात करते हैं। तत्पश्चात पंसाल को विन्दु No. 2 की ओर घुमाते हैं तथा पंसाल दन्ड की सहायता से उसकी अग्र दृष्टि (Fore Sight) ज्ञात करते हैं। दोनों विन्दुओं की पृष्ठ दृष्टि तथा अग्र दृष्टि का अन्तर उनकी ऊँचाइयों का अन्तर होगा। यह सदैव स्मरण रखना चाहिए कि पृष्ठ दृष्टि

चित्र १४८

(Back Sight) उसी विन्दु की ज्ञात की जाती है जिसकी ऊँचाई पहले से ज्ञात हो। उसे धन दृष्टि (Plus Sight or + S) भी कहते हैं। अग्र दृष्टि (Fore Sight) उस विन्दु की ज्ञात की जाती है जिसकी ऊंचाई ज्ञात करना अभीष्ट हो। इसे ऋण-दृष्टि (Minus Sight or – S) भी कहते हैं। यदि कोई A विन्दु से E विन्दु की ओर जावे तथा पृष्ट दृष्टि या अग्र दृष्टि का योग धनात्मक हो तो विन्दु E विन्दु A के ऊपर होगा; यदि ऋणात्मक हो तो विन्दु E विन्दु A के नीचे होगा।

चित्र १४९

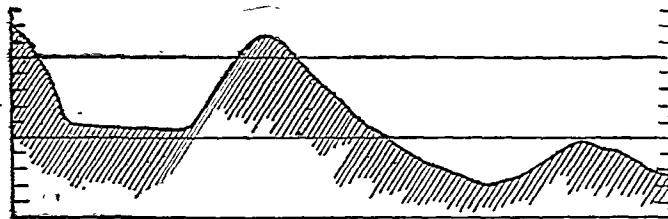
प्रथम तथा अंतिम विन्दुओं को छोड़कर अन्य मध्यवर्ती विन्दुओं को मोड़ विन्दु अथवा परिवर्तित विन्दु [Turning Point (T.P.) or Changing Point (C.P.)] कहते हैं।

पार्श्व पंसाल विधि (Profile Levelling) :—पार्श्व पंसाल विधि तथा उच्चान्तर पंसाल विधि में अन्तर इतना है कि इसके अन्तर्गत पंसाल की एक स्थिति से पंसाल दन्ड पर एक के स्थान पर अनेक मध्यवर्तीय विन्दुओं का पाठन किया जाता है।

क्रिया :—पार्श्व पंसाल के लिए सर्व प्रथम एक अविच्छेद रेखा का चुनाव किया जाता है जिसके सहारे पार्श्व ज्ञात करना अभीष्ट हो। यह आवश्यक नहीं है कि चुनी हुई रेखा सरल रेखा ही हो। इस रेखा के किनारे ५० अथवा १०० फुट की दूरी पर कई विन्दु लिए जाते हैं जिन्हें ०, १, २, ३ आदि से प्रदर्शित किया जा सकता है। पार्श्व रेखा के चुनाव में इस बात का सदैव ध्यान दिया जाता है कि प्रथम अथवा अंतिम विन्दु किसी ज्ञात बेंच मार्क (Bench Mark) के निकट हो। मध्यवर्तीय विन्दुओं में वे विन्दु सबसे अधिक महत्वपूर्ण होते हैं जहाँ ढाल मे उल्लेखनीय परिवर्तन दीख पड़ें। मध्यवर्तीय विन्दूओं की

दूरी इस प्रकार अंकित की जाती है: १ + ३०, जिसका तात्पर्य यह है कि अमुक विन्दु स्टेशन नं० १ से ३० फुट की दूरी पर है।

चित्र १५०

पंसाल को O + ० स्टेशन पर स्थापित करके बेंचमार्क (Bench Mark) की पृष्ठ दृष्टि (Back Sight) ज्ञात की जाती है जैसा कि निम्नांकित तालिका से स्पष्ट है :—

स्टेशन	+S	पंसाल की ऊँचाई	–S	पंसाल दण्ड का पाठन	ऊँचाई
BM	२·६४	९२·९९ फुट			९०·३५ फुट
O + ०				३·४	८९·६ ,,
O + ३०				६·८	८६·२ ,,
१ + ०				८·२	८४·८ ,,
१ + ४०				२·१	९०·९ ,,
T.P. १	४·३५	८९·८८ ,,	७·४६		८५·५३ ,,
२ + ०				३·३	८६·६ ,,
२ + ६०				८·२	८१·७ ,,
T.P. २	१·३८	८६·२४ ,,	४·३२	—	८५·५३ ,,
३ + ०				७·०	७९·९ ,,
३ + ४०				२·२	८४·७ ,,
४ + ०				५·१	८१·८ ,,

उक्त तालिका में Bench Mark की ऊंचाई ९०·३५ फुट है तथा पंसाल से उसकी पृष्ट दृष्टि ली गई है जो २·६४ फुट हैं। अत: पंसाल की ऊँचाई (९०·३५ + २·६४) = ९२·९९ फुट होगी। अब यंत्र की उसी स्थिति में O + ०, O + ३०, १ + ० तथा १ + ४० आदि विन्दुओं का पाठन लिया जावे और उन्हें पंसाल की ऊँचाइयों से

चित्र १५१

घटाया जावे तो अमुक विन्दुओं की ऊँचाइयाँ ज्ञात हो जावेंगी। इन्हें विवरण पुस्तिका के अंतिम कोष्ठ में लिख देते हैं। जब इस प्रकार सभी पाठन हो जाते हैं तो परिवर्तित विन्दु (C.P. or T.P.) नियत कर दिया जाता है तथा

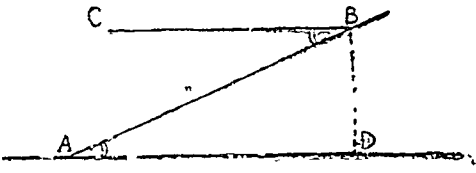
अग्र दृष्टि (Fore Sight or – S) ले ली जाती है। जब हम इसे यंत्र की ऊँचाई से घटा देते हैं तो परिवर्तित विन्दु (T.P.) की ऊँचाई ज्ञात हो जाती है, जो उक्त तालिका में (९१·९९ – ७·४६) = ८५·५३ फुट है। तत्पश्चात पंसाल को दूसरे स्थान पर रखते हैं तथा उससे T.P. १ की पृष्ट दृष्टि (Back Sight) ली जाती है। अन्य पाठन भी किये जाते हैं तथा ऊँचाइयाँ निर्धारित की जाती हैं। इसी प्रकार सर्वेक्षणकर्ता आगे बढ़ता चला जाता है।

पार्श्व का चित्रण :—जब एक अविच्छिन्न रेखा के सहारे विभिन्न विन्दुओं की ऊँचाइयाँ ज्ञात हों तो उनका पार्श्व खींचा जा सकता है। पार्श्व चित्रण में दो मापकों का प्रयोग किया जाता है क्षैतिज तथा लम्बवत्। क्षैतिज मापक की अपेक्षा लम्बवत् मापक को ५ से २० गुना अधिक बढ़ा लिया जाता है। साधारणतया इनका अनुपात १:१० होता है।

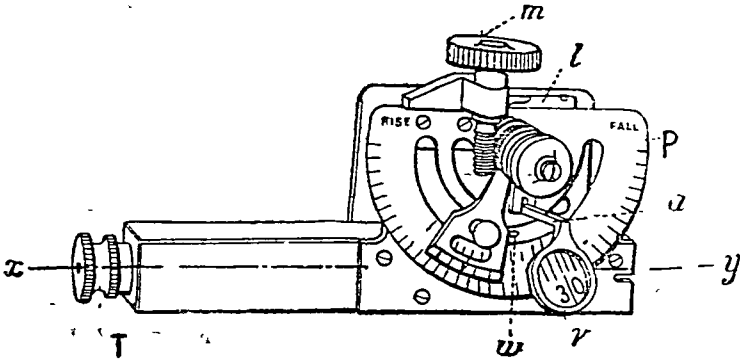
पार्श्व पंसाल विधि रेलों, सड़कों, नहरों, नालों तथा नालियों आदि के निर्माण में बहुत उपयोगी हैं।

क्लाइनोमीटर (Clinometer)

क्लाइनोमीटर एक हल्का सुदृढ यंत्र होता है जिससे भूमि के ढाल को अंशों में नापा जाता है। इसके कई प्रकार हैं जिनमें ऐबनी पंसाल (Abney Level), वाटकिन का क्लाइनोमीटर (Watkin's Clinometer), Fort-rule Clinometer तथा भारतीय क्लाइनोमीटर (IndianPattern Clinometer) प्रमुख हैं।

चित्र १५२

क्लाइनोमीटर शीघ्र तथा सरसरी मापन के लिए बहुत उपयुक्त होता है। सभी क्लाइनोमीटरों में यह दोष होता है कि कतिपय उनका संतुलन नष्ट हो जाता है जिससे शुद्ध मापन कठिन हो जाता है। अतः यह आवश्यक है कि जब भी किसी क्लाइनोमीटर से मापन किया जावे उसे पहले टेस्ट कर लेना चाहिए। यदि एक ढाल पर कोई दो विन्दु लिए जावें तो उनके उच्च तथा निचले कोण (Angles of elevation and depression) बराबर होते हैं। परन्तु एक अशुद्ध क्लाइनोमीटर में दोनों पाठों में अन्तर दीखता है। ऐसी अवस्था में दोनों का औसत ले लेना चाहिये, वही शुद्ध कोण होगा। चूँकि यंत्र को संतुलित करना कठिन होता है तथा बार-बार संतुलन करनें से पुर्जे ढीले हो जाते हैं, अतः उक्त रीति से औसत कोण से ही कार्य चलाना चाहिये।

ऐबनी पंसाल (Abney Level)

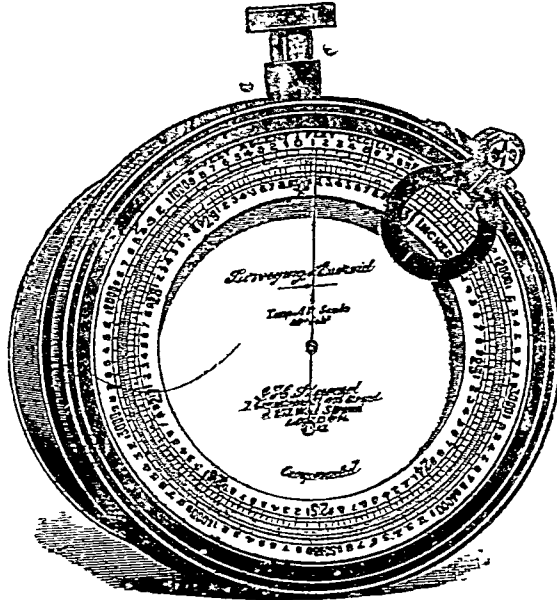
ऐबनी लेविल एक बहुत ही लोकप्रिय क्लाइनोमीटर है। यह शीघ्र कार्य के लिए बहुत सुविधाजनक है। इससे ढाल के उच्च तथा निचले कोणों (Angles of elevation and depression) का मापन किया जाता

चित्र १५३—ऐबनी पंसाल

है। अतः इसे किसी पहाड़ी क्षेत्र के पार्श्व चित्र तैयार करने, ढाल निर्धारिन करने तथा किसी सड़क का उच्चावच्च ज्ञात करने में प्रयोग किया जाता है। इसमें दूरबीन (Telescope) प्रमुख है जिससे दूरस्थ विन्दु भी डायाफ्राम

(Diaphragm) के केन्द्र विन्दु पर दीखता है। इसके ऊपर एक पंसाल (Level) लगा होता है। यह पंसाल दृष्टि रेखा के समानान्तर होती है, जब दृष्टि-रेखा स्वयं क्षैतिजावस्था में होती है। परन्तु ढाल-मापन में दृष्टि-रेखा तिरछी हो जाती है। अतः पन्साल भी क्षैतिजावस्था में नहीं रहती। परन्तु जब भी ढाल-मापन किया जाता है, स्प्रिट लेविल को क्षैतिजावस्था में रक्खा जाता है। चूँकि सर्वेक्षणकर्ता की दृष्टि दूरबीन के Eye piece पर लगी होती है, अतः वह अभीष्ट विन्दु तथा लेविल दोनों को एक साथ नहीं देख सकता। इस कार्य को सुगम करने के लिये स्प्रिट लेविल के नीचे दूरबीन में एक छेद होता है, तथा दूरबीन के भीतर एक शीशा लगा होता है जो दृष्टि रेखा के साथ ४५° का कोण बनाता है। स्प्रिट लेविल प्रतिबिंब इस शीशे में दिखाई पड़ता है जिसका प्रतिविम्ब डायाफ्राम पर दिखाई पड़ता है। सर्वेक्षणकर्ता चांदे की सहायता से कोण का पाठन करता है। चाँदे की एक ओर 'RISE' तथा दूसरी ओर 'FALL' लिखा होता है जो क्रमशः उच्च तथा निचले कोणों को संकेत करते हैं।

ऐनीरॉयड बैरोमीटर (Aneroid Barometer):

यह खोज सम्वन्धी सर्वेक्षण में वहुत लाभदायक सिद्ध हुआ है क्योंकि ऐसे सर्वेक्षण में एकांकी शिखरों की ऊँचाइयों को ज्ञात करना अभीष्ट होता है जो ऐनीरॉयड वैरोमीटर से सुगमतापूर्वक नापी जा सकती हैं। आप जानते हैं कि समुद्र-जल-तल से जितना ऊपर जाते हैं, वायुभार में कमी होती जाती है। साधारणतया प्रत्येक १००० फुट ऊँचाई पर वैरोमीटर में एक इंच का गिराव होता है। यदि दो स्थानों पर समान मौसमी दशायें हों, तो वैरोमीटर से उनकी ऊँचाइयाँ उक्त सूत्र द्वारा ज्ञात की जा सकती हैं। परन्तु असमान मौसमी दशाओं में वैरोमीटर कुशल निर्देशक नहीं हो सकता क्योंकि वायुभार सम्वन्धी परिवर्तन ऊँचाई के अतिरिक्त अनेक कारणों से हो सकते हैं।

वैरोमीटर में पाठन करते समय यह ध्यान देने योग्य वात है कि उसकी सुई स्थिर हो गई है अथवा नहीं। पाठन सदैव सुई के स्थिर हो जाने पर ही करना चाहिए।

चित्र १५४—ऐनीरायड वैरोमीटर

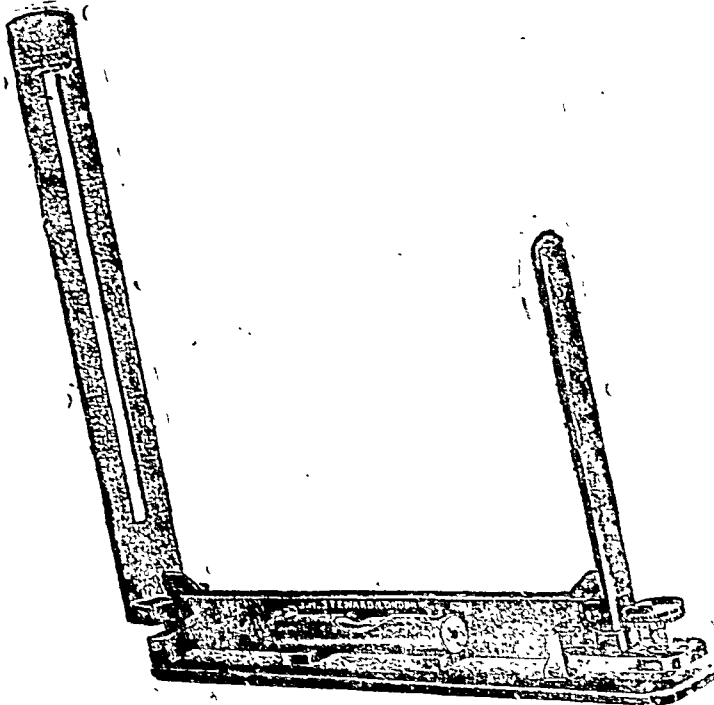
हिप्सोमीटर अथवा तापांक थर्मामीटर (Hypsometer or Boiling-Point Thermometer)

वायुभार तथा तापक्रम में घनिष्ट सम्वन्ध है। जैसे-जैसे वायुभार कम होता जाता है जल का तापांक (Boiling Point) घटता जाता है। समुद्र-जल-तल पर जहाँ वायुभार अधिकतम होता जाता है, जल का तापांक २१२° फा० होता है। हिप्सोमीटर से यह ज्ञात किया जा सकता है कि अमुक ऊँचाई पर तापांक क्या होगा। दूसरे शब्दों में, इससे अमुक स्थानों के वायुभार तथा ऊँचाइयों को भी ज्ञात किया जा सका है। इसके लिए निम्नांकित तालिका की सहायता ली जा सकती है:

तालिका

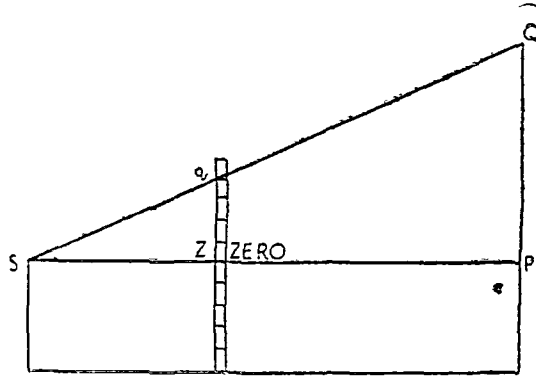
तापांक (° फा०)	वायुभार (इंचों में)	समुद्र-जल-तल से ऊंचाई
२१२	२९·९२१	०
२१०	२८·७४६	१०४६
२०८	२७·६१३	२०९७
२०६	२६·५२१	३१५१
२०४	२५·४६६	४२१०
२०२	२४·४४७	५२७८
२००	२३·४६१	६३५४
१९८	२२·५०७	७४३९
१९६	२१·५८४	८५३३
१९४	२०·६९०	९६३८
१९२	१९·८२८	१०७५०
१९०	१८·९९८	११८६७
१८८	१८·१९९	१२९८८
१८६	१७·४२६	१४१२४
१८४	१६·६८१	१५२६६
१८२	१५·९६४	१६४१२
१८०	१५·२७५	१७५६७
१७८	१४·६११	१८७२८
१७६	१३·९७०	१९८९७

भारतीय क्लाइनोमीटर (Indian Clinometer)

इसे भारतीय क्लाइनोमीटर इस कारण से कहते हैं कि इसे भारत के सर्वेक्षण विभाग ने तैयार किया है। इसे सदैव प्लेन टेबुल के साथ प्रयोग किया जाता है। इसमें एक पीतल की प्लेट होती है जिसके दोनों छोरों पर दो

चित्र १५५—भारतीय क्लानोमीटर

पत्तियाँ लगी होती हैं। यह पत्तियाँ पीतल की प्लेट पर लम्ववत् होती हैं। प्लेट में एक वुलवुला तथा पंसाल पेंच लगा होता है जिसके द्वारा यंत्र को संतुलित किया जाता है। एक पत्ती में एक दृष्टि द्वार होता है जिससे द्रष्टालक्ष्य को देखता है। दूसरी पत्ती में एक लम्ब छेद होता है जिसके दोनों किनारे अंकित होते हैं। एक किनारे पर त्रिकोणमितीय स्पर्श रेखायें (Trignometric Tangents) तथा दूसरे पर ढाल के अंश अंकित होते हैं। परन्तु मध्य में एक संयुक्त शून्य होता है, जिससे शून्य तथा दृष्टि-द्वार एक ही क्षैतिजावस्था में रहते हैं।

क्रिया—सर्वेक्षणकर्ता एक मानचित्र को लेकर क्षेत्र में जाता है, उसका उद्देश्य मानचित्र पर प्रदर्शित विन्दुओं की ऊँचाई ज्ञात करना होता है। वह अपनी प्लेन टेवुल को किसी विन्दु पर सेट करता है और अपने स्थान को निर्धारित करता है। सबसे पहले वह उस विन्दु की ही ऊँचाई ज्ञात करता है जहाँ पर प्लेन टेवुल रक्खी हुई हैं। इसके लिये वह एक ऐसे विन्दु की ओर लक्ष्य करता है जिसकी ऊँचाई पहले से ही ज्ञात हो। तत्पश्चात् वह अन्य विन्दुओं की ओर लक्ष्य करता है तथा उनकी ऊँचाइयाँ भी निर्धारित करता है।

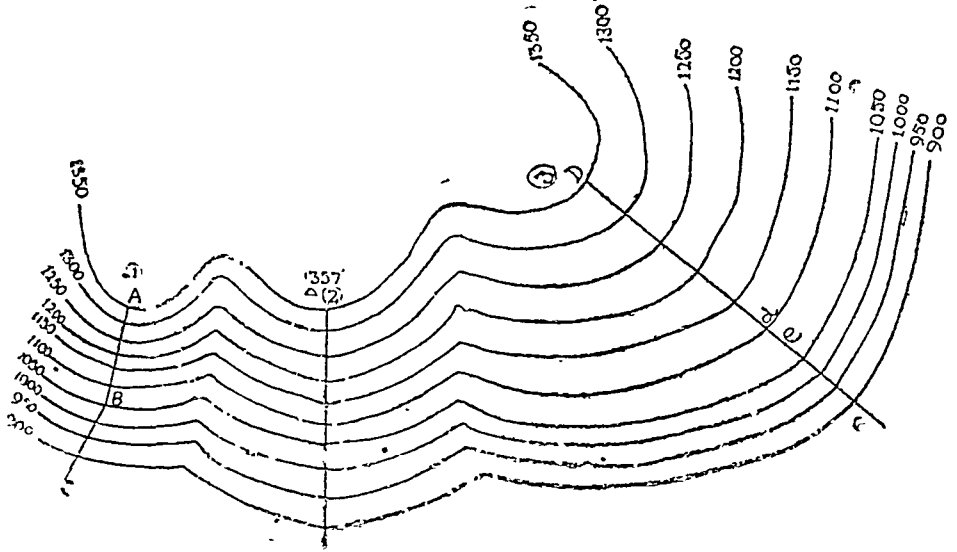
भारतीय क्लाइनोमीटर द्वारा लम्ववत् ऊँचाई तथा क्षैतिज दूरी का अनुपात निकाला जाता है। उदाहरणार्थ PQ तथा SP का अनुपात ज्ञात किया जाता है। यह अनुपात वही है जो Zq तथा ZS का है। चित्र १५६ में $\frac{Zq}{SZ}$ का मान ·४ है। SP की दूरी मानचित्र पर ज्ञात की जा सकती है क्योंकि P पहले से ही अंकित

चित्र १५६

है एवं S का स्थान भी Resection द्वारा ज्ञातकर लिया गया है। मान लीजिये यह दूरी १००० फुट है तो $\frac{PQ}{SP}$ = ·४ अथवा PQ = ·४ × SP, अथवा ·४ × १००० फुट = ४०० फुट। यदि प्लेन टेवुल की ऊँचाई ५ फुट है तो Q विन्दु की ऊँचाई = ४०० + ५ = ४०५ फुट। यदि Q विन्दु की ऊँचाई ज्ञात हो तो S विन्दु तथा अन्य विन्दुओं की ऊँचाई सुगमतापूर्वक ज्ञात की जा सकती है।

उपरोक्त उदाहरण में q विन्दु S विन्दु के ऊपर लिया गया है। यदि q विन्दु S विन्दु के नीचे होता तो ५ फुट जोड़ने के स्थान पर घटा दिये गये होते।

क्षेत्र में समोच्च रेखाएँ निर्धारित करना
(Practical Contouring)

समोच्च रेखायें प्रामाणिक ऊँचाइयों अर्थात Bench Marks अथवा Spot Heights की सहायता से क्लाइनोमीटर द्वारा निर्धारित की जाती हैं। मान लीजिए कि एक Bench Mark की ऊँचाई १३५६ फुट है तथा समोच्च रेखान्तर (Contour Interval) ५० फुट है। इस ऊँचाई से निकटतम समोच्च रेखा १३५० फुट की होगी। अतः सर्वेक्षण कर्ता १३५० फुट की समोच्च रेखा को अंकित करेगा। इसे निर्धारित करने के लिये पहाड़ी, उभार तथा घाटियों का ज्ञान आवश्यक है। इसके लिये उभारों तथा घाटियों की शिखर-रेखायें निर्धारित करना आवश्यक है क्योंकि इनके द्वारा समोच्च रेखाओं की आकृति तथा गति ज्ञात हो जाती है। प्रथम

समोच्च रेखा का पंसाल अन्य रेखाओं के पंसाल से विभिन्न रीति से निकाला जाता है। एक कपड़े के टुकड़े को पंसाल दण्ड पर इतनी ऊँचाई पर बाँधा जाता है जो क्लाइनोमीटर के Eye-Piece की पृथ्वी से ऊँचाई होती है। उक्त उदाहरण में यह ऊँचाई १३५७ – १३५० = ७ फुट होगी क्योंकि क्लाइनोमीटर Bench Mark के निकट लगाया गया है। पंसाल दण्ड को शिखर रेखा के सहारे ले जाते हैं और क्लाइनोमीटर के शून्य से कपड़े की ओर लक्ष्य करते हैं। क्लाइनोमीटर को सदैव शून्य पर शीघ्रतापूर्वक सेट करना चाहिये। जिस विन्दु पर कपड़ा सर्वेक्षण कर्ता को दृष्टि रेखा की सीध मे देखता है, वही प्रथम विन्दु होगा। अब पंसाल विन्दु को दूसरी शिखर

चित्र १'५७

रेखा अथवा घाटी रेखा के सहारे ले जाते हैं और जब कपड़ा दृष्टि-रेखा के सामने दीखे तो दूसरा विन्दु होगा इसी प्रकार सभी महत्वपूर्ण शिखर-रेखाओं तथा घाटी-रेखाओं के बहुत से विन्दु निर्धारित किये जाते हैं—१, २, ३, आदि विन्दुओं के स्थान मानचित्र पर Resection अथवा भूमापन द्वारा निर्धारित किये जाते हैं। इन विन्दुओं को एक रेखा द्वारा मिला कर १३५० फुट की समोच्च रेखा निर्धारित की जाती है। इस प्रथम समोच्च रेखा को प्रारम्भिक समोच्च रेखा कहते हैं।

अन्य समोच्च रेखाओं का क्षेपक कार्य
(Interpolation of Other Contour lines)

क्लाइनोमीटर को पूर्व निर्धारित किसी महत्वपूर्ण विन्दु पर सेट कीजिये तथा किसी शिखर रेखा का ढाल ज्ञात कीजिये। दिये हुये ढाल तथा दिये हुये लम्बवत् समोच्च रेखांतर द्वारा क्षैतिज दूरी (Horizontal Equivalent or H. E.) निकाला जाता है तथा मध्यवर्ती समोच्च रेखाओं को इस क्षैतिज दूरी की सहायता से अंकित किया जाता है। उक्त चित्र में विन्दु एक (१) का ढाल ६°, विन्दु (२) का ३° तथा विन्दु (३) का २° है। इन ढालों के लिये एक ढाल सम्मापक तैयार कर लेना वांछनीय है। ढाल सम्मापक से विभिन्न अंशों की दूरियाँ निश्चित की जा सकती हैं तथा उन्हें शिखर-रेखाओं व घाटी-रेखाओं के सहारे अंकित किया जा सकता है। ये रेखायें साधारणतः सरल रेखायें होती हैं, परन्तु जहाँ भी झुकाव हो उन्हें यथा आवश्यकता मोड़ देना चाहिये जैसा ABC शिखर-रेखा के साथ किया गया है। जब विन्दुओं के स्थान निर्धारित कर लिये जावें तो उनसे गुजरती हुई समोच्च रेखायें खींचना चाहिये। इस क्रिया को समोच्च रेखाओं का क्षेपक कार्य कहते हैं।

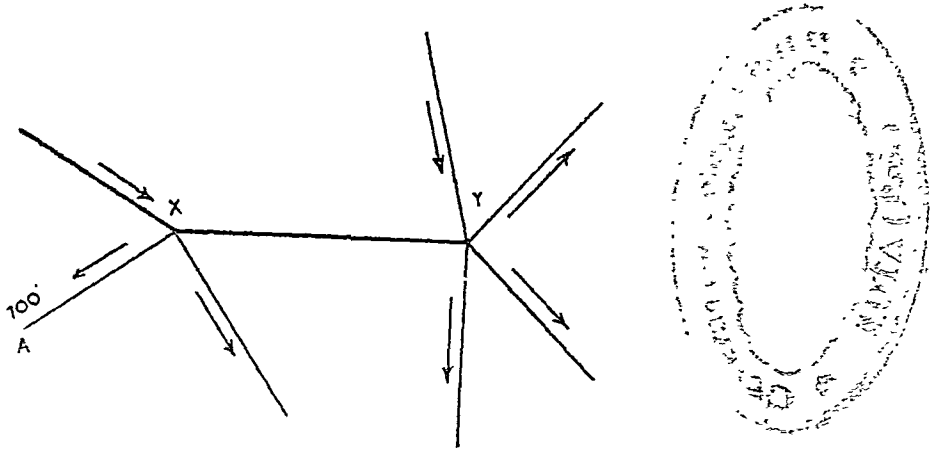
ढाल सदैव एक समान नहीं होता। बहुधा लम्बी दूरियों में उसमें परिवर्तन दीखते हैं। जहाँ भी ढाल गति (Gradient) में परिवर्तन हो, समोच्च रेखाओं के बीच की दूरियों में भी परिवर्तन अवश्यम्भावी है। यदि यह परिवर्तन किसी एक समोच्च रेखा पर होवे तो इसे सरलतापूर्वक निर्धारित किया जा सकता है। परन्तु यदि यह किसी मध्यवर्ती विन्दु पर होवे तो सावधानी से अंकित करना चाहिये। मान लीजिये कि DF रेखा में

१०८० फुट की ऊँचाई पर २° तथा ४° ढाल-गति पर परिवर्तन होता है जिसका तात्पर्य यह है कि २° के ढाल पर २० फुट की लम्बवत दूरी (Vertical Equivalent or V. I.) तथा ४° के ढाल पर ३० फुट की लम्बवत दूरी अंकित की जानी चाहिये। स्पष्ट है कि पहले भाग की लम्बाई २° की दूरी का $\frac{२}{५}$ और ४° की दूरी का $\frac{३}{५}$ समोच्च रेखान्तर इन दोनों के योग के बराबर है।

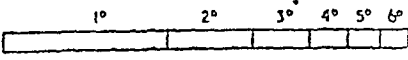
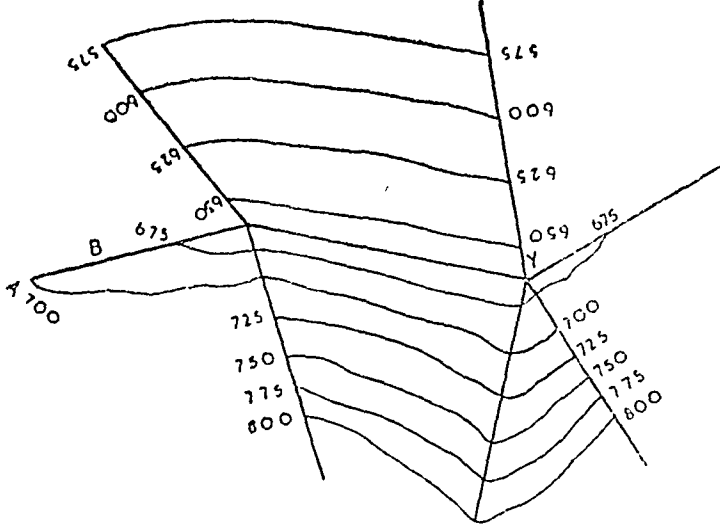
जब ढाल सम्मापक तैयार किया जाता है तो गणना करनी पड़ती है। क्षैतिज दूरियों (H.E.) को लम्बवत् दूरियों की सहायता से निम्नलिखित सूत्र द्वारा ज्ञात किया जाता है :

$$H.E. = \frac{V.I. \times २०}{D} \ (D = \text{अंश})$$

क्षैतिज दूरियां मानचित्र के सम्मापक के अनुसार दिखाई जाती हैं। इस गणना से बचने के लिये प्रथक् समोच्च रेखाओं के मानचित्र पर ढाल सम्मापक खींचा रहता है :

उदाहरण :—२५ फुट समोच्च रेखान्तर पर समोच्च रेखा का क्षेपक तैयार कीजिए जब कि A विन्दु की ऊँचाई ७०० फुट हो। A से गुजरने वाली रेखाये X तथा Y विन्दुओं से भी गुजरती हैं।

चित्र १५८

सर्वप्रथम एक दूरियों का सम्मापक मान लीजिए। तत्पश्चात् एक ढाल सम्मापक खीचिए। अब विन्दु A से कार्य आरंभ कीजिए। A विन्दु से एक आगे की ढाल पर २५ फुट की दूरी नापिये। अब BC तथा AB का अनुपात निकालिए। यदि यह अनुपात $\frac{२}{५}$ हो तो ऊँचाई में १० फुट की कमी होगी $(२५ \times \frac{२}{५})$। अतः X विन्दु की ऊँचाई ६६५ फुट होगी क्योंकि XY एक ही समोच्च रेखा पर स्थित है। अब X तथा Y विन्दुओं से विभिन्न ढाल रेखाओं पर १० फुट के अन्तर पर क्षैतिज दूरियाँ ज्ञात कीजिए।

इन विभिन्न दूरियों तथा उनके ढाल के संगतीय अंशों के ढाल सम्मापक ज्ञात करके $\frac{२}{५}$ से गुणा कीजिए। जब ढाल सम्मापकों की दूरियाँ ज्ञात हो जावें तो उन्हें अंकित कर दीजिए तथा समोच्च विन्दुओं से रेखायें खींचिए।

चित्र १५९

चित्र १६०

समोच्च रेखाओं के क्षेपक-कार्य में सावधानी

मध्यवर्ती समोच्च रेखाओं को खींचते समय समोच्च रेखाओं की निम्न महत्वपूर्ण विशेषताओं को सदैव ध्यान मे रखना चाहिए :

(१) समोच्च रेखाये खड़े ढालों तथा खड़े प्रपातों को छोड़कर कभी भी आपस में नहीं मिलती हैं।

(२) Over hanging Cliffs को छोड़कर समोच्च रेखायें कभी भी एक दूसरे को काटती नहीं हैं।

(३) यदि ढाल मे कोई परिवर्तन न हो, तो समोच्च रेखाओं के बीच की दूरियाँ समान होती है।

(४) समोच्च रेखाओं को इस प्रकार खीचा जाता है कि समोच्च रेखाओं से ऊँची भूमि सदैव उनके एक ओर ही दिखाई जाती है।

(५) जब समोच्च रेखायें किसी मानचित्र पर बन्द हो जाती है तो वे किसी पहाड़ी अथवा किसी गढ़े का प्रदर्शन करती है। गढ़े को छोटी-छोटी रेखाओं द्वारा प्रदर्शित किया जाता है जो अमुक समोच्च रेखा पर लम्बवत् होती हैं।

(६) पहाड़ी ढालों पर नीचे की ओर समोच्च रेखायें मुड़ जाती हैं।

(७) घाटी में समोच्च रेखायें ऊपर की ओर मुड़ी होती है।

अध्याय ५

भू-आकृतियों का प्रदर्शन

(Representation of Relief)

खण्ड : क

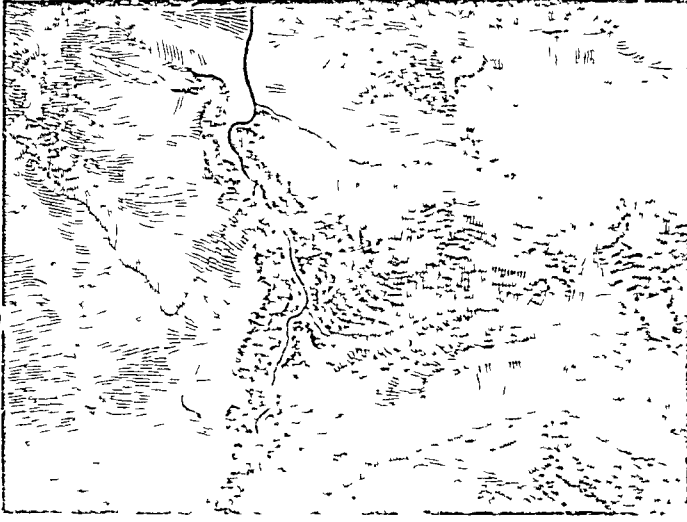
प्रदर्शन विधियां :—भू-आकृनियों के मानचित्र पर प्रदर्शन की वहुत सी विधियाँ हैं। वृहत मापक अथवा लघुमापक मानचित्र के अनुसार विभिन्न विधियों का प्रयोग किया जाता है। लघुमापक मानचित्र पर भू-आकृतियों की सामान्य रूपरेखा ही प्रदर्शित की जाती है। उनकी शुद्ध स्थिति, ऊँचाई तथा अन्य विशेषताओं की ओर कोई ध्यान नहीं दिया जाता है, साथ ही भू-आकृति युक्त क्षेत्र को ही प्रधानता दी जाती है। उदाहरण के लिये यदि लघुमापक मानचित्रों पर पर्वतों को प्रदर्शित करना हो, तो पर्वतीय क्षेत्रों को ही प्रधानता दी जाती है तथा उसमें पर्वतीय शिखरों, शृंखलाओं तथा नदी घाटियों आदि की शुद्ध स्थिति तथा ऊँचाई की ओर ध्यान नहीं दिया जावेगा। परन्तु वृहत मापक मानचित्र पर केवल क्षेत्र को ही प्रधानता नहीं दी जाती, वरन् उसका विवरण-पूर्ण प्रदर्शन अर्थात भू-आकृतियों की स्थिति, ऊँचाई, विस्तार तथा ढाल आदि प्रस्तुत किया जाता है। दूसरे शब्दों में वृहत मानचित्र पर धरातल की सामान्य रूपरेखा के अतिरिक्त भू-आकृतियों की विशेषताओं का भी प्रदर्शन किया जाता है।

भू-आकृतियों के प्रदर्शन की निम्नलिखित महत्वपूर्ण विधियाँ हैं :—

(१) ढाल प्रदर्शक रेखाएं (Hachures)—जिन छोटी-छोटी रेखाओं को ढाल की दिशा में खींच कर ऊँचाई का प्रदर्शन किया जाता है, उन्हें ढाल-प्रदर्शक रेखायें अथवा प्रवाह प्रदर्शक रेखाये (Hachures) कहते ह। जहाँ ढाल अधिक होता है, अपेक्षाकृत अधिक मोटी रेखायें खींची जाती हैं तथा जहाँ ढाल कम होता है अपेक्षाकृत पतली रेखायें खींची जाती हैं। इस प्रकार ढाल की वृद्धि के साथ मानचित्र अधिक काला होता जाता है। ४५° से अधिक ढाल होने पर मानचित्र को पूर्णतया काला कर देते हैं। समतल धरातल खाली छोड़ दिया जाता है, चाहे वह चपटी पहाड़ी चोटी हो अथवा नदी घाटी। स्पष्ट है कि ढाल प्रदर्शक रेखाओं से सापेक्षित ढाल का ज्ञान प्राप्त होता है, शुद्ध ढाल का नहीं।

इस पद्धति के जन्मदाता मेजर लेहमैन थे तथा इसका प्रचलन उन्नीसवीं शताब्दी में सैनिक सर्वेक्षण में वहुत किया गया था। यह सेना के लिए वडा आकर्षणपूर्ण था क्योंकि इस पर पर्वतों को वड़ी सुगमता पूर्वक दिखाया तथा पहचाना जा सकता है। फिर छोटी ऊँचाइयों की भू-आकृतियों जैसे टीलों, पहाड़ियों, नदी-सीढ़ियों आदि को भी स्पष्ट रूप से पहचाना जा सकता है। इन भू-आकृतियों को समोच्च रेखाओं के मानचित्र पर पहचानना कठिन हो जाता है।

इन पद्धति के प्रमुख दोष हैं—ढाल-प्रदर्शक रेखाओं का खींचना वड़ा कठिन है। इसके लिए वहुत धैर्य तथा हस्तकौशल की आवश्यकता होती है। उसके निर्धारण मे अनावश्यक रूप से अधिक समय तथा धन का व्यय होता है। इतना होते हुये भी मानचित्र की शुद्धता संदिग्ध होती है। मानचित्र को देखकर ढाल का वास्तविक परिज्ञान नहीं हो पाता। केवक ढालों का सापेक्षित परिज्ञान ही सम्भव है। साथ ही मानचित्र से शुद्ध ऊँचाई का भी कोई ज्ञान नहीं होता। इसका कारण स्पष्ट है कि मानचित्र पर केवल ढाल-प्रदर्शक रेखाये खीची जाती है, किसी स्थान की वास्तविक ऊँचाई नहीं प्रदर्शित की जाती है। किसी पर्वतीय क्षेत्र के मानचित्र को देखकर उसकी प्रकृति का शुद्ध ज्ञान नहीं किया जा सकता। इन सब दोषों के कारण ढाल प्रदर्शक रेखाओं का अब वहुत कम प्रचलन है। इन्हें समोच्च रेखाओं के मानचित्र की उपयोगिता वढ़ाने के लिये ही प्रयोग किया जाता है।

(२) समोच्च रेखायें (Contours) :—आधुनिक मानचित्रों में भू-आकृतियों का प्रदर्शन वहुधा समोच्च रेखाओं द्वारा किया जाता है। ये रेखायें समुद्रतल से समान ऊँचाइयों के स्थानों को मिलती हैं। अतः इनके खींचने के लिये अन्यान्य विन्दुओं की शुद्ध ऊँचाई का ज्ञान आवश्यक है। ये एक निश्चित अंतर (समोच्च रेखान्तर) पर खींची जाती हैं जैसे १०′, २०′, २५′, ५०′ तथा १००′ आदि। भारत के १ इंच मानचित्र पर ५०′ तथा चौथियाई इंच मानचित्र पर २५०′ का समोच्च रेखान्तर होता है।

चित्र १६१—ढाल प्रदर्शक रेखाएँ

समोच्च रेखायें शुद्ध ऊँचाई तथा ढाल को प्रदर्शित करती हैं। जहाँ समोच्च रेखायें पास-पास होती हैं, वहाँ ढाल अधिक होता है तथा जहाँ वे दूर-दूर होती हैं वहाँ ढाल कम होता है। समोच्च रेखाओं द्वारा वास्तविक तथा सापेक्षित दोनों ढालों का ज्ञान हो जाता है। समोच्च रेखाओं के अतिरिक्त कोई अन्य ऐसी विधि नहीं है जिसके द्वारा इन दोनों पक्षों का शुद्ध चित्रण किया जा सके। इसी कारण के यह पद्धति सर्वमान्य है।

इनका प्रमुख दोष है कि वे भू-आकृतियाँ जिनकी ऊँचाई समोच्च रेखाओं के अन्तर से कम हो, समोच्च रेखाओं द्वारा नहीं दिखाई जा सकती।

आकार रेखायें (Form lines) वे समोच्च रेखायें होती हैं जो उन समान ऊँचाई वाले स्थानों को मिलाती हैं जिनकी ऊँचाइयाँ केवल अनुमानित हो। इन्हें विच्छिन्न रेखाओं द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।

(३) स्थानीय ऊंचाइयां (Spot Heights), बेंचमार्क (Bench Marks) तथा त्रिकोणमितीय विन्दु (Trig Points).—इनके द्वारा अमुक विन्दु को अंकित करके समुद्रतल से वास्तविक दूरी लिख दी जाती है। इनकी प्रमुख विशेषता यह है कि ये निश्चित तथा शुद्ध ऊँचाई को बताते हैं। परन्तु ये समस्त मानचित्र पर फैली होती हैं अतः इनसे भू-आकृतियों का सापेक्षित ज्ञान नहीं हो पाता। यही कारण है कि इन्हें अकेले बहुत कम प्रयोग करते हैं तथा उन्हें समोच्च रेखाओं तथा ढाल प्रदर्शक रेखाओं के सहायक के रूप में प्रयोग करते हैं।

(४) छायाकरण (Hill Shading) :—छायाकरण जिसे संयुक्त राज्य अमेरिका में "Plastic Shading" के नाम से सम्बोधित करते हैं, ढाल प्रदर्शक रेखाओं का आधुनिक स्थापन्न हैं। इसका काल्पनिक आधार प्रकाश है जो लम्बवत् नीचे की ओर अथवा किसी अन्य दिशा से भूतल पर डाला जा सकता है। जब प्रकाश लम्बवत डाला जाता है तो अपेक्षाकृत अधिक खड़ा ढाल गहरी छाया डालता है। समतल क्षेत्र हल्की छाया द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। आधुनिक मानचित्रों में लम्बवत् प्रकाश की अपेक्षा एक तरफ से प्रकाश डालने का बहुत प्रचलन है। इस पद्धति मे वही दोष है जिनका उल्लेख हमने ढाल प्रदर्शक रेखाओं के संबंध मे किया था।

(४) रंगीन पर्त (Layer Colouring or Hypsonmetric Tints) :—लघु मापक मानचित्रों पर ऊँचाई रंगों की तहों अथवा पेटियों द्वारा प्रदर्शित की जाती है। साथ ही कुछ की समोच्च रेखायें भी खींची जाती हैं। इन समोच्च रेखाओं का अन्तर संख्या के साथ-साथ बढता जाता है जैसे ६००', १५००', ३०००', तथा ६०००' आदि। इन समोच्च रेखाओं के बीच मे रंग भर दिये जाते हैं। इस प्रकार मानचित्र कई पेटियों मे विभक्त हो जाता है। रग भरने का सिद्धान्त यह है कि सम्पूर्ण मानचित्र को ऊँचाई से देखने पर ऐसा प्रतीत हो कि सूर्य का प्रकाश उठे हुए भागों पर सब से अधिक पड़ रहा है। इसी कारण से क्षेत्र के उच्च प्रदेश भूरे रंग से रंगे जाते हैं क्योंकि वहाँ प्रकाश सबसे अधिक आयेगा। निम्नभागों को हरे रंग से रंगते हैं क्योंकि यहाँ प्रकाश सबसे कम आयेगा।

यद्यपि यह विधि बहुत प्रचलित है परन्तु इसमें बहुत सी त्रुटियाँ हैं। इस विधि में भू-रचना पट्टियाँ में विभक्त दीखती है, परन्तु वास्तविकता कुछ और ही है। इसमें दो पट्टियों की स्पर्श-रेखा पर ऐसा प्रतीत होता है मानो भूतल की ऊँचाई में यकायक वृद्धि हो गई हो। परन्तु वास्तव में ऊँचाई में ऐसी वृद्धि नहीं होती। मानचित्र पर ऊँचाइयों का परिवर्तन शुद्धतापूर्वक नहीं प्रदर्शित किया जा सकता। अमुक पट्टी के भीतर सामान्यतः ढाल में भी उतार-चढ़ाव होता है परन्तु उसकी भी अभिव्यक्ति नहीं हो पाती। हरा रंग जिसे निम्न उर्वरक स्थलों के लिए प्रयोग किया जाता हैं जिनसे भिन्न अक्षांशों में भ्रम हो सकता है क्योंकि जहाँ निम्नस्थल मरुस्थल है कृषि की दृष्टि से बहुत कम महत्वपूर्ण हैं।

(६) **भू-आकृति-विधि** (Physiographic Methods) :—इनके द्वारा भू-आकृतियों का चित्रण किया जाता है। अधिक, भारी, गहरे तथा तीव्र चिन्हों से पवर्तीय क्षेत्रों, तथा हल्के तथा सपाट चिन्हों से मैदानी क्षेत्रों को प्रदर्शित किया जा सकता हैं।

इस विधि की विशेषता यह है कि इससे अमुक भू-आकृति का चित्र स्पष्ट हो जाता है। एक साधारण मनुष्य भी पर्वतीय तथा मैदानी क्षेत्रों को पहचान सकता है। शुद्धता का जहाँ तक सम्बन्ध है वह उपरोक्त रंगीन पट्टियों वाली विधि के ही समान है। परन्तु उसकी अपेक्षा यह कम भ्रममूलक है। इस पर सांस्कृतिक चिन्ह जैसे सड़कों, रेलों तथा नगरों आदि को भी सुगमतापूर्वक दिखाया जा सकता है।

यह विधि विशेषकर लघुमापक मानचित्रों के लिए उपयोगी है। इसकी लोक प्रियता पत्र तथा पत्रिकाओं में प्रदर्शन के कारण अत्यधिक है।

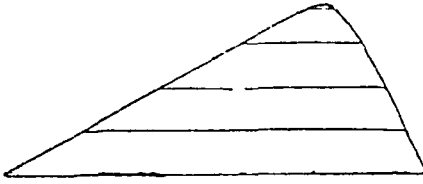
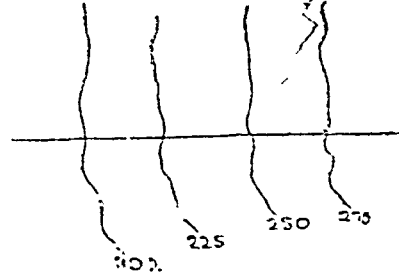
(७) **संयुक्त विधि** (Combined System of Showing Relief) :—उपरोक्त वर्णन से स्पष्ट है कि भू-आकृतियों को किसी एक विधि से संतोषपूर्वक प्रदर्शित नहीं किया जा सकता। प्रत्येक के अपने-अपने गुण तथा दोष हैं। अतः आवश्यकतानुसार यदि कुछ के विधियों का संयोजन किया जाय तथा इस मिश्रित क्रम द्वारा भू-आकृतियों को प्रदर्शित किया जावे तो अधिक संतोषजनक फल प्राप्त हो सकता है। यही कारण है कि जहाँ कहीं अपेक्षाकृत कम ऊँचाइयों को प्रदर्शित करना लक्ष्य होता है तो ढाल प्रदर्शक रेखाओं को संयुक्त कर दिया जाता है। समोच्च रेखाओं के साथ स्थानीय ऊँचाई अथवा (Plastic Shading) का भी बहुधा प्रयोग किया जाता है। फ्रांस तथा संयुक्त राज्य अमेरिका द्वारा प्रकाशित मानचित्रों में समोच्च रेखाओं तथा (Plastic Shading) का संयोजन बहुत लोकप्रिय है। लघुमापक मानचित्रों पर समोच्च रेखाओं तथा रंगीन पेटियों का मिश्रण वांछनीय है।

खण्ड ख

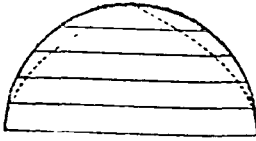
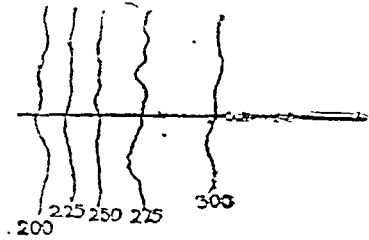
समोच्च रेखायें तथा ढाल

ढाल का महत्व :—भूतल के जीवन में में ढाल का अत्यधिक महत्व है। ढाल नदी के प्रवाह को निर्धारित करता है तथा उसकी दिशा से अन्ततोगत्वा भू-आकृतियों का जन्म होता है जो वनस्पति तथा पशु.जीवन को प्रभावित करती हैं। मानव.जीवन भी उनसे प्रभावित होता है। भूमि-उपयोग पर ढाल का प्रभाव स्पष्ट है। नहरों का निर्माण ढाल को दृष्टि में रखकर किया जाता है। परिवहन तथा मानव-बस्तियों व मकानों पर भी ढाल का समुचित प्रभाव पड़ता है। अतः ढाल की व्याख्या तथा उसका प्रदर्शन हमारे लिये बहुत महत्वपूर्ण हैं।

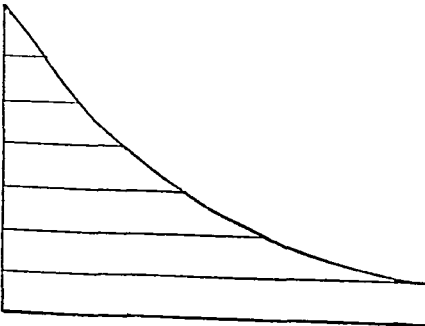
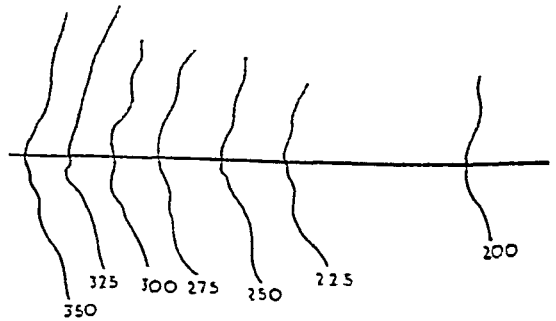
ढालों का प्रकार

१—समान ढाल (Uniform Slope) :—उसे कहते हैं जिसमें भूमि का ढाल प्रत्येक स्थान पर समान होता है। उसका तात्पर्य यह है कि समान ढाल अपरिवर्तनशील होता है। उसे ऐसी समोच्च रेखाओं द्वारा प्रदर्शित किया जाता है जिनके बीच की दूरी समान होती है।

चित्र १६२　　　　　　　　　　　　　　　　चित्र १६३

२—उन्नतोदर ढाल (Convex Slope):—इसकी यह विशेषता होती है कि इसमे नीचे के भाग में ढाल-गति तीव्र होती है तथा उच्च भाग मे न्यून । इस प्रकार समोच्च रेखायें निचले भाग में पास-पास तथा उच्च भाग में दूर-दूर होती हैं। मानचित्र को देखकर उन्नतोदर ढ़ाल का अनुमान सरलतापूर्वक लगाया जा सकता है। यदि इस बात का ध्यान रखा जाय कि समोच्च-रेखाओं के संख्यात्मक मान में वृद्धि के साथ-साथ उनके बीच की दूरी भी बढ़ती जाती है।

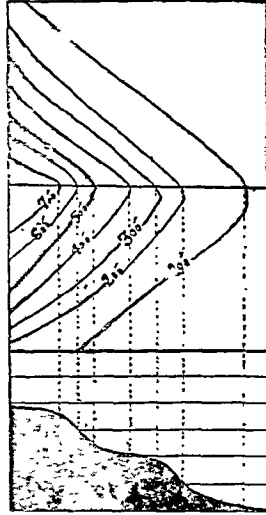
200 225 250 275 300

चिण १६४—उन्तोदार ढ़ाल　　　　　　　　चित्र १६५—उन्नतोदार ढाल का समोच्च रेखाओं द्वारा प्रदर्शन

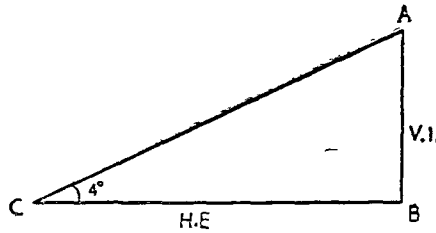
३—नतोदर ढाल (Concave Slope) :—यह ढाल उन्नतोदर ढाल का विलोम होता है। इसमें भू-आकृति के निम्नतल मे कम ढाल होता है और उच्चतल में अधिक। फ़लस्वरूप समोच्च रेखाएं निम्नतल में दूर-दूर होती हैं तथा उच्चतल मे पास-पास। इस प्रकार समोच्च रेखाओं के संख्यात्मक मान मे वृद्धि के साथ-साथ उनके बीच की दूरी कम होती जाती है ।

350 325 300 275 250 225 200

चित्र १६६　　　　　　　　　　　　चित्र १६७—नतोदार ढाल की प्रदर्शन

४—उन्नतावनत ढाल (Undulating Slope):—इस ढाल की विशेषता उतार चढ़ाव है। इसमें कहीं ढाल उभरा हुआ तो कहीं पैठा हुआ दीखता है जो वास्तविकता में इस ढाल की प्रधानता है क्योंकि प्रकृति प्रामाणिकता से परे हैं। इसकी समोच्च रेखायें कहीं पास-पास तो कहीं दूर-दूर आवृमिक रूप से होती है ।

ढाल प्रदर्शन की विधियां :—ढाल को अंशों में व्यक्त किया जाता है जैसे १° का ढाल, २° का ढाल आदि। ढाल एकांशी भिन्न (Gradient) द्वारा भी व्यक्त किया जा सकता है। एकांशी भिन्न वह भिन्न है जिसका अंश सदैव एक रहता है। एकांशी भिन्न ज्ञात करने के लिये ढाल की अंशों में ज्ञात मात्रा (ढाल कोण)

को ६० भाग दिया जाता है तथा इस भिन्न का अंश एक रखा जाता है। उदाहरणार्थ ३° के ढाल की एकांशी भिन्न $\frac{३}{६०} = \frac{१}{२०}$ होगी। यदि एकांशी भिन्न को १०० से गुणा कर दें तो ढाल का प्रतिशत ज्ञात हो जाता है, जैसे $\frac{१}{२०}$ एकांशी भिन्न का प्रतिशत ढाल $= \frac{१}{२०} \times १०० = ५\%$

चित्र १६८

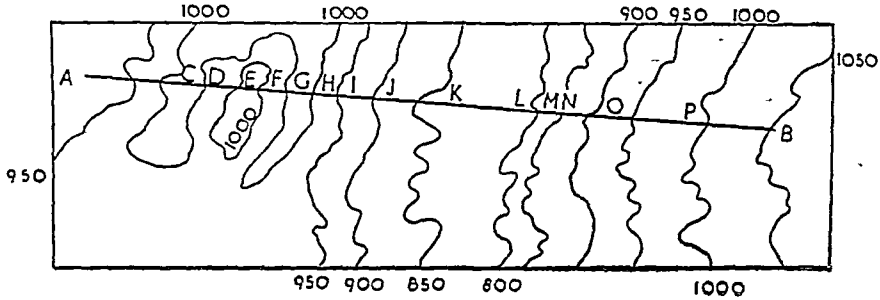
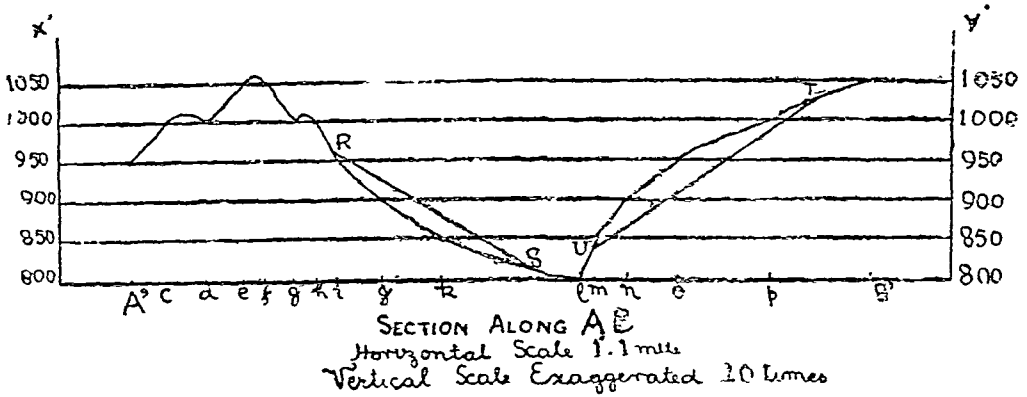
वास्तव म एकांशी भिन्न लम्ववत् दूरी (V. I.) तथा क्षैतिज दूरी (H. E.) का अनुपात होती है।

चित्र १६९

यदि ABC एक समकोण त्रिभुज खींचा जाय तो AB लम्ववत ऊँचाई तथा BC क्षैतिज दूरी होगी। यदि AB = १०′ तथा BC = १५०′ हो तो एकांशी भिन्न $= \frac{१०}{१५०}$ अथवा $\frac{१}{१५}$ होगी जो ४° ढाल प्रदर्शित करती है।

सैनिक शास्त्र में ढाल को एक दूसरे ढंग से प्रदर्शित किया जाता है। उसकी इकाई मिल (Mil) होती है। जिसका तात्पर्य यह है कि यदि लम्ववत दूरी १′ हो तो उसकी क्षैतिज दूरी १०००′ हो। मिल में ढाल निकालने की सुगम विधि यह है कि लम्ववत दूरी को १००० से गुणा कीजिये तथा उसे क्षैतिज दूरी से भाग दीजिये। दूसरे शब्दों में मिलों का ढाल प्रतिशत ढाल से दस गुना होता है तथा उसका सूत्र निम्न है—

$$\text{मिलों की संख्या} = \frac{\text{V. I.} \times १०००}{\text{H. E.}}$$

पार्श्वाकृति की रचना
(Section or Profile Drawing)

पार्श्वाकृति से तात्पर्य किसी निश्चित रेखा के सहारे अमुक भू-आकृति की रूपरेखा से है। पार्श्वाकृति की रचना बहुत सरल है। मानचित्र के ऊपर AB रेखा लीजिये। अब एक अन्य रेखा A′ B′ लीजिये जो AB के

चित्र १७१

चित्र १७२

बराबर है। मानचित्र पर AB रेखा समोच्च रेखाओं को C, D तथा F आदि बिन्दुओं पर काटती है। A, B, के सहारे AC, AD आदि के बराबर A′c, A′d, A′e आदि दूरियाँ दिखाइये। अब समोच्च रेखाओं का अन्तर मानचित्र पर देखिये। उपरोक्त उदाहरण में समोच्च रेखाओं का संख्यात्मक मान ८००′ से ले १०५०′ तक ही है। इसलिए ऊँचाई का यही अन्तर लम्ब रेखाओं के सहारे दिखाना है। अब A′B′ रेखा को ८००′ की समोच्च रेखा मान लीजिए तथा उससे ऊपर की दूरियाँ निर्धारित कीजिये।

समोच्च रेखान्तर ५०′ है और मानचित्र का मापक १″ बराबर १ मील है। इस मापक के अनुसार ५०′ की दूरी ज्ञात कीजिये।

∵ ५२८०′ मानचित्र पर १″ द्वारा प्रदर्शित किये जाते हैं।

∴ १′ ,, ,, ,, ,, $= \frac{१}{५२८०}$ इंच

∴ ५०′ ,, ,, ,, ,, $= \frac{५०}{५२८०} = \frac{१}{१००}$ इंच लगभग

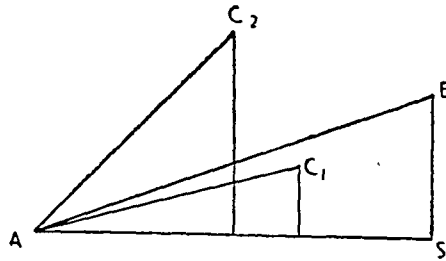
इसका तात्पर्य यह है कि ५०′ की ऊँचाई $\frac{१}{१००}$ इंच से दिखाई जाय। चूँकि $\frac{१}{१००}$ इंच की दूरी इतनी कम है कि इस पर पार्श्वाकृति खींचने से न तो ढाल ही ठीक ज्ञात होगा और न भू-आकृति। इसलिये पार्श्वाकृति खींचने में अधिक दूरी ले ली जाती है। यही कारण है कि लम्बवत रेखाओं के सहारे परिवर्धित मापक (Exaggerated Scale) का ही प्रयोग होता है, शुद्ध मापक का नहीं। परिवर्धन की मात्रा रेखाचित्र के पास लिख दी जाती है। साधारणतः लम्बवत परिवर्धन क्षैतिज मापक का दस गुना होता है परन्तु परिवर्धन बीस गुने से अधिक न होना चाहिये।

अन्तर-प्रत्यक्षता (Intervisibility)

अन्तर-प्रत्यक्षता से यह अभिप्राय है कि अमुक क्षेत्र में कोई दो विन्दु एक दूसरे से दिखाई पड़ते हैं अथवा नहीं। खोज करते समय अथवा सैन्य संचालन करते समय इसकी प्रायः आवश्यकता पड़ती है। मानचित्र की सहायता से बिना क्षेत्र में जाये हुये भी अन्तर-प्रत्यक्षता ज्ञात की जा सकती है, यद्यपि मानचित्र इस सम्बन्ध में मौन होता है कि वह अन्तर-प्रत्यक्षता दोनों स्थानों के मध्य के वृक्षों आदि की बाधा से संभव है अथवा नहीं। "Consequently problems of mutual visibility of points are more useful in testing the understanding of the map than in deciding whether it is actually possible to see from one point to the other."

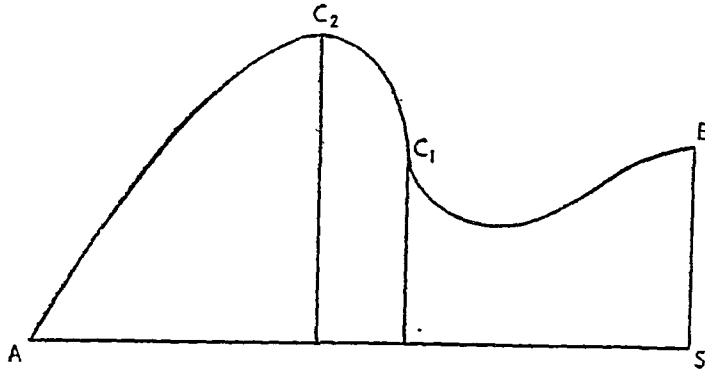
नीचे दी हुई विधियों से किन्हीं दो स्थानों की अन्तर-प्रत्यक्षता ज्ञात की जा सकती है :—

(१) **पार्श्व चित्र द्वारा** :—इस विधि के अन्तर्गत पार्श्वाकृति खींचना आवश्यक होता है। पार्श्वाकृति पर दोनों विन्दुओं को एक सरल रेखा द्वारा मिलाया जाता है। यही सरल रेखा दृष्टि रेखा है। यदि यह सरल रेखा पार्श्वाकृति की रेखा को किसी अन्य स्थान पर न काटे तो दोनों विन्दु अन्तर-प्रत्यक्ष होंगे। इसके विपरीत यह सरल रेखा पार्श्वाकृति की सरल रेखा को कहीं काटे या स्पर्श करे या उसके नीचे से होकर जावे तो दोनों विन्दु अन्तर-प्रत्यक्ष नहीं होंगे। इन दोनों अवस्थाओं को उपरोक्त चित्र में दिखाया गया है। विन्दु R तथा S अन्तर-प्रत्यक्ष हैं तथा विन्दु T और U अन्तर प्रत्यक्ष नहीं हैं।

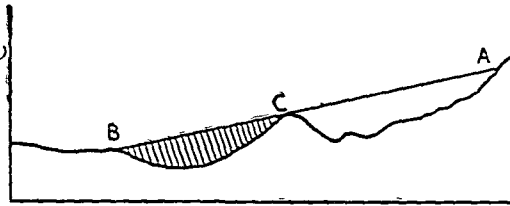
(२) **समोच्च रेखाओं के निरीक्षण द्वारा** :—स्मरण रहे कि नतोदार ढाल के सहारे दो विन्दु परस्पर अन्तर-प्रत्यक्ष होते हैं, परन्तु उन्नतोदर ढाल के सहारे नहीं। इसी कारण से नदी घाटियों में स्थिति स्थान अन्तर-प्रत्यक्ष होते हैं। समान ढाल भी दो विन्दुओं की अन्तर प्रत्यक्षता में सहायक होते हैं। उक्त चित्र में विन्दु R तथा S नतोदार ढाल के सहारे स्थित हैं परन्तु विन्दु T तथा U उन्नतोदार ढाल के सहारे हैं विन्दु R तथा S अन्तर-प्रत्यक्ष हैं तथा T और U अन्तर-प्रत्यक्ष नहीं हैं।

चित्र १७३

(३) **ढाल गतियों द्वारा** :—दो विन्दुओं की एकांशी भिन्नों तथा अन्य मध्यवर्तीय विन्दुओं की एकांशी भिन्नों की तुलना द्वारा भी अन्तर-प्रत्यक्षता निर्धारित की जा सकती है। उदाहरणार्थ यदि A तथा B की अन्तर-प्रत्यक्षता निर्धारित करनी हो, तो सर्वप्रथम इन दोनों विन्दुओं की एकांशी भिन्न ज्ञात कीजिये। तत्पश्चात् अन्य मध्यवर्तीय उच्चतम विन्दु C से AC की भी एकांशी भिन्न ज्ञात कीजिए।.

उपरोक्त चित्र में C विन्दु की C_1 तथा C_2 दो अवस्थाओं को प्रदर्शित किया गया है। AB की एकांशी भिन्न $\frac{१}{३}$, AC_1 की $\frac{१}{४}$ तथा AC_2 की $\frac{१}{२}$ है। स्पष्ट है कि A तथा B अन्तर-प्रत्यक्ष होंगे जब C_1 मध्यवर्तीय उच्चतम विन्दु होगा, परन्तु जब C_2 मध्यवर्तीय उच्चतम विन्दु होगा तो दोनों अन्तर प्रत्यक्ष नहीं होंगे।

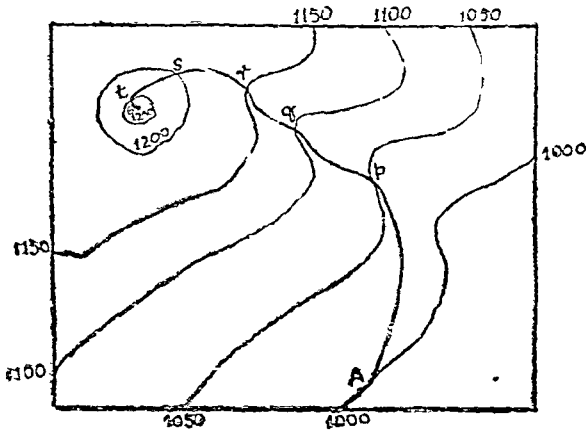
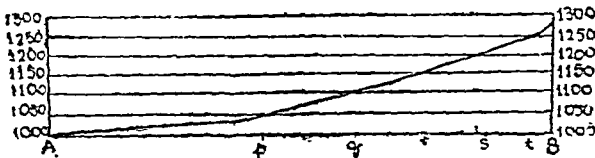
1. Hinks, A. R., Maps and Survey, p. 43.

चित्र १७४

मृत भू-भाग (Dead Ground)

मृत भू-भाग से तात्पर्य उस क्षेत्र से है जो किसी बाधा (पहाड़ी आदि) के मध्य में स्थित होने के कारण

चित्र १७५ मृत भू-भाग

दृष्टि से ओझल होता है। स्पष्ट है कि दृष्टि विन्दु से उच्चतर विन्दु के पीछे का भू-भाग दृष्टि गोचर न हो सकेगा। यही कारण है कि शिखर रेखायें प्रत्यक्ष तथा अप्रत्यक्ष क्षेत्रों की विभाजक रेखायें होती हैं। सन्निकट चित्र में C विन्दु AB दृष्टि-रेखा के मध्य में स्थित है। A दृष्टि विन्दु से देखने पर C तथा B के बीच का भू-भाग दृष्टि से ओझल रहेगा। अतः मृत भू-भाग (Dead Ground) कहलावेगा।

सड़क का पार्श्व-चित्र (Road Section)

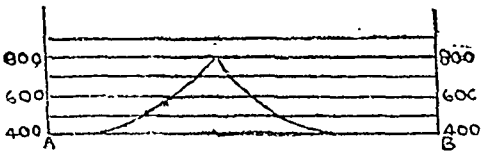
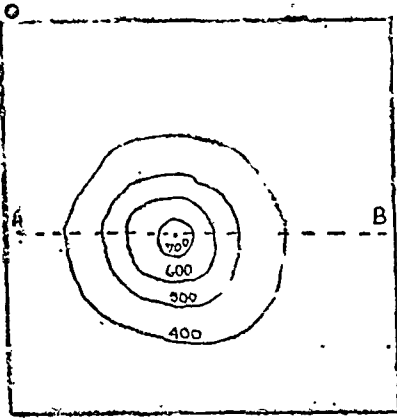
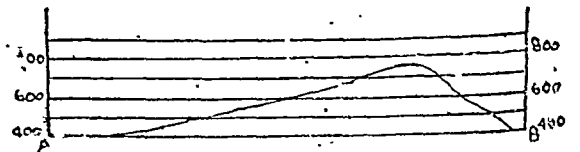
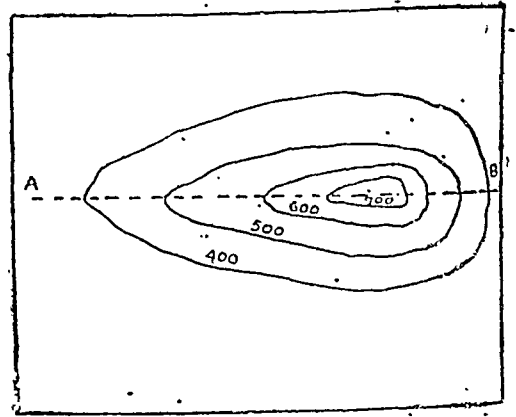
अमुक सड़क का पार्श्व चित्र एक सरल रेखा के पार्श्व चित्र के तुल्य होता है। अन्तर केवल इतना होता है कि सड़क बहुधा सरल रेखा के सहारे नहीं जाती है। वह कतिपय वक्र रेखा का अनुसरण करती है। फलस्वरूप दूरी तो वक्र-रेखा के सहारे नापी जाती है, परन्तु उसे सरल रेखा द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। चित्र १७६ में A तथा B विन्दुओं के बीच की सड़क घाटियों के सहारे B विन्दु तक पहुँचने का प्रयास करती है। AB सरल रेखा खींचिये तथा उसके सहारे Ap, pq, qr, rs, st तथा t B वक्र दूरियों को अंकित कीजिए। अब लम्बवत मापक में यथावश्यक प्रतिवर्धन करके पार्श्व चित्र तैयार कीजिए।

चित्र १७६

चित्र १७७

समोच्च रेखा मानचित्र पर मार्ग निर्धारित करना

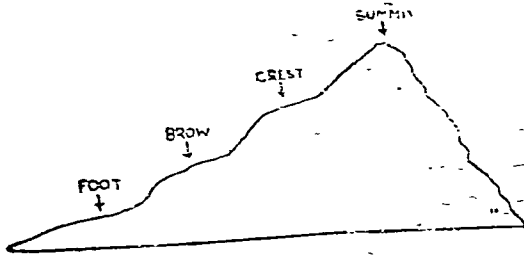
जब किसी समोच्च रेखा मानचित्र पर सड़कों, रेलों तथा अन्य मार्गों को प्रदर्शित करना अभीष्ट हो तो अमुक विन्दुओं के बीच के ढाल, लघुतम दूरी तथा नदियों आदि की स्थिति पर ध्यान देना पड़ता है। पृथ्वी पर परिवहन एक निश्चित ढाल तक ही सम्भव है अतः मार्ग निर्धारण में ढाल को बहुत महत्व दिया जाता है। यही प्रयास किया जाता है कि मार्ग में लघुतम ढाल हो। यही कारण है कि कोई मार्ग समोच्च रेखा को कभी लम्बवत नहीं काटता, वरन तिरछा होता है। ढाल के साथ दूरी का भी ध्यान रक्खा जाता है। यदि मार्ग में बहुत से नदी नाले पड़ें तो उनके पुल-निर्माण में बहुत व्यय होता है। अतः उनसे भी यथासम्भव बचने का प्रयास किया जाता है। यही कारण है कि ढाल तथा लघुतम दूरी को दृष्टि में रखकर नदियों तथा दलदलों को बचाकर रेलों तथा सड़कों का निर्माण किया जाता है। ये मार्ग मैदानी भागों, नदी ढालों तथा दर्रों से निकाले जाते हैं, परन्तु जहाँ नदी-ढाल खड़े होते हैं, उभार-ढालों का अनुसरण किया जाता है।

खण्ड ग

समोच्च रेखाओं द्वारा भू-आकृतियों का प्रदर्शन

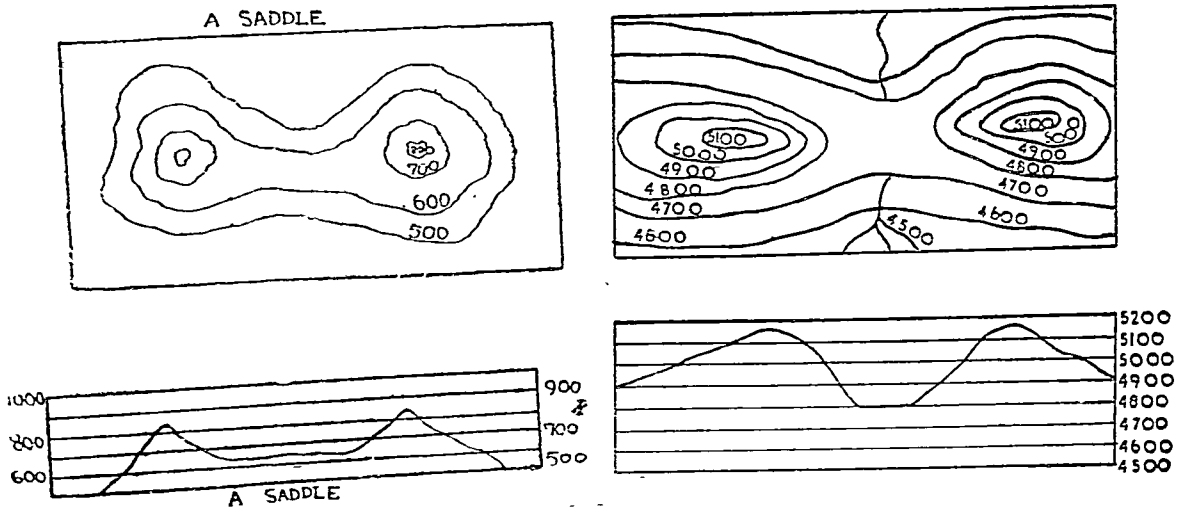
पहाड़ी (Hill) :—पहाड़ी उस भू-आकृति को कहते हैं जिसके शिखर की ऊँचाई प्रदेश के धरातल से ३००० फुट से अधिक हो। इसकी समोच्च रेखायें लगभग वृत्ताकार होती है तथा इसका ढाल सामान्यतः चतुर्दिश को होता

चित्र १७८ शंक्वाकार पहाड़ी

चित्र १७९ असमान ढाल वाली पहाड़ी

है। पहाड़ी की तुलना एक शंकु से की जाती हैं। यदि किसी बर्तन में एक शंकु को रक्खा जावे तथा उसमें पानी भरा जावे, तो पानी शंकु के चारों ओर वृत्त बनावेगा। ये विभिन्न वृत्त पहाडी की समोच्च रेखा बन जावेंगे। अतएव

पहाड़ी की समोच्च रेखायें वृत्ताकार दिखाई जाती है तथा इनका संख्यात्मक मान वृत्ताकार रेखाओं के केन्द्र विन्दु की ओर बढ़ता जाता है। यदि ढाल चारों ओर एक समान नहीं है तो समोच्च रेखायें वृत्ताकार नहीं होंगी। प्रत्येक अवस्था में पहाड़ी को प्रदर्शित करने वाली समोच्च रेखाये सदैव बन्द रेखायें होती हैं।

चित्र १८०

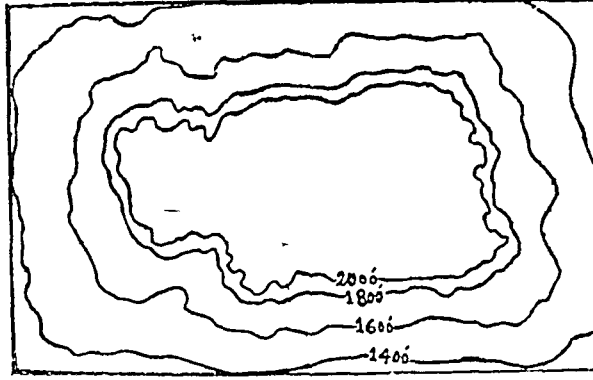
कुछ पहाड़ियों का शिखर नोकदार होता है, ऐसी अवस्था में सर्वोच्च समोच्च रेखा एक विन्दु द्वारा प्रदर्शित की जाती है। कुछ पहाड़ियों का शिखर चपटा होता है, ऐसी अवस्था में चपटे शिखर को सर्वोच्च समोच्च रेखा घेरे रहती है। परम्परागत एक पहाड़ी के चार भाग किये जा सकते हैं। शिखर (Summit), शृंग (Crest), भ्रू (Brow) तथा चरण (Foot) (देखिये चित्र १८०)

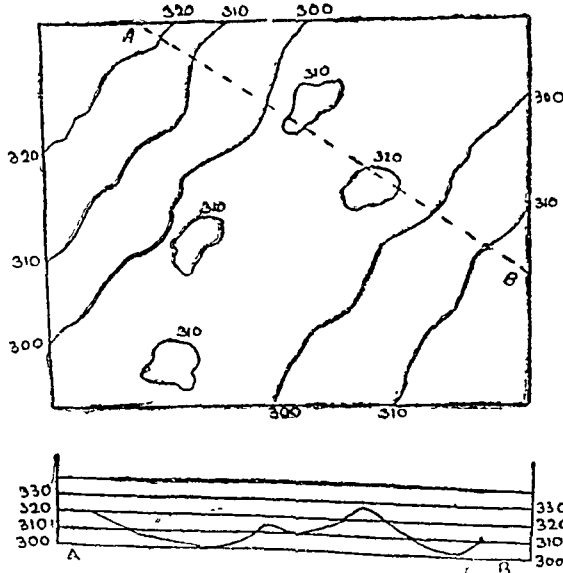
कगार (Escarpment) :—किसी पहाड़ी पठार अथवा लम्बाकार टीले के दोनों ओर दो प्रकार के ढाल होते हैं—एक ओर साधारण तथा कम ढाल होता है दूसरी ओर अधिक खड़ा ढाल होता है जिसे कगार (Escarpment) कहते हैं। चित्र १७९ में पहाड़ी का दाहिनी ओर कगार तथा दूसरी ओर का ढाल सरल ढाल (Gentle-Slope) है।

उत्सेव श्रेणी अथवा कटक (Ridge)—क्षेत्रीय धरातल से ऊँची, कम चौड़ी तथा अपेक्षाकृत अधिक लम्बाई की भू-आकृति को उत्सेध श्रेणी अथवा कटक (Ridge) कहते हैं। इसका शिखर शृंग होता है। यह बहुधा दो या अधिक पहाड़ियों की संयोजक होती हैं। यदि उत्सेध श्रेणी अधिक ऊँची न हो परन्तु चौड़ी हो तो उसे काठी अथवा पर्याण (Saddle) कहते हैं, परन्तु यदि उत्सेध श्रेणी अधिक ऊँची हो तथा उसकी चौड़ाई भी कम हो तो उसे दर्रा (Pass or Col) कहते हैं। यदि उत्सेव श्रेणी दो जल-प्रवाहों को पृथक करे तो वह जल-विभाजक (Watershed) का कार्य करती है।

चित्र १८१—पर्याण कटक

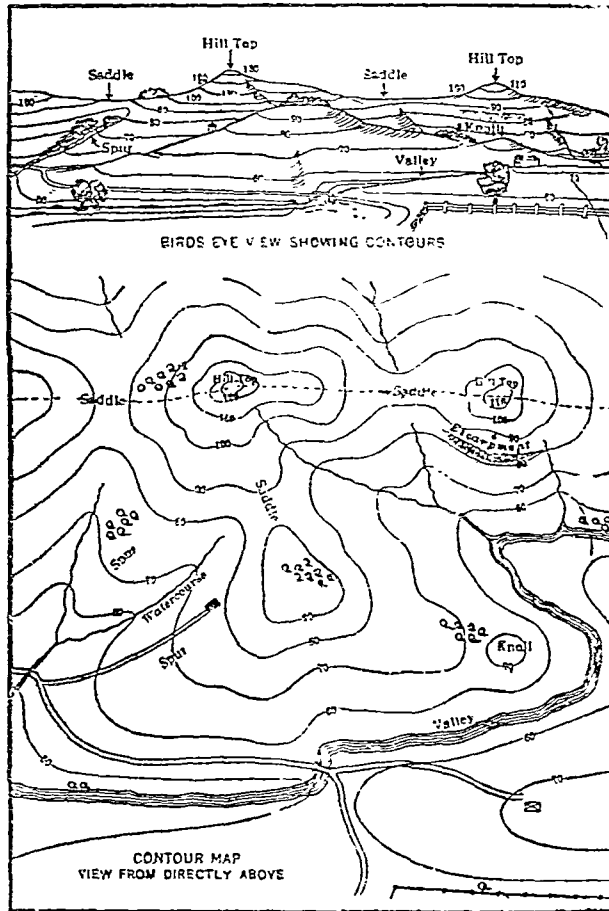
चित्र १८२—दर्रा

पठार (Plateau) :—पठार (Plateau) एक विस्तृत उच्च तथा चपटा भूतल होता है। जब इसके चारों किनारों का ढाल अपेक्षाकृत खड़ा होता है तो इसे Tableland कहते हैं। दक्षिणी भारत का टेबिल लैंड इसका

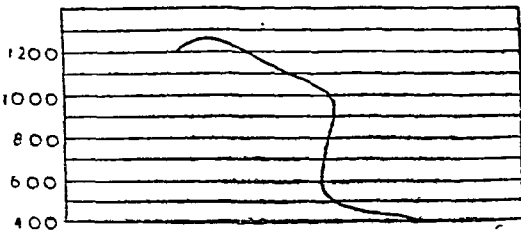
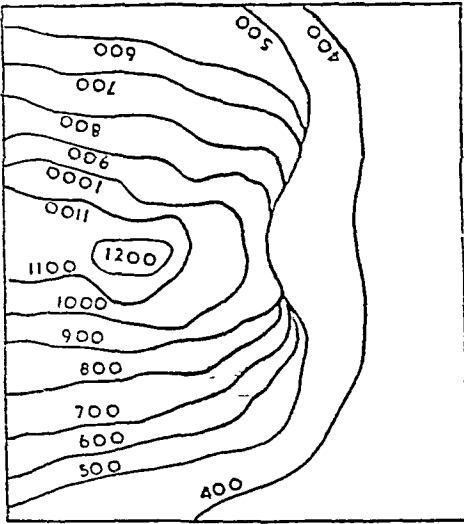
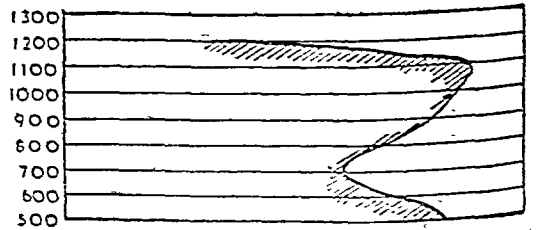
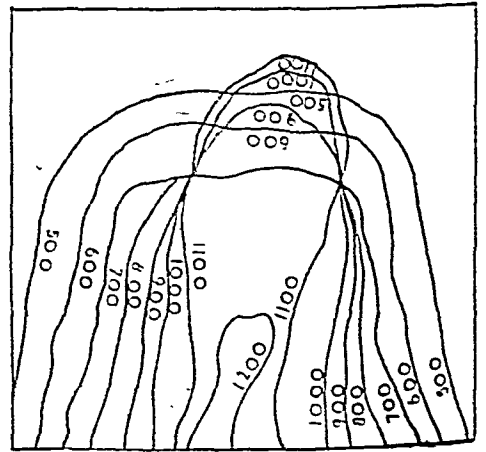
महत्वपूर्ण उदाहरण है। जब कटाव की शक्तियाँ पठार को बहुत काट देती हैं तो उसे कटा-फटा पठार (Dissected Plateau) कहते हैं। जब पटार पर्वतीय श्रेणियों से घिरा होता है तो उसे अन्तर्पर्वतीय पठार (Inter montane Plateau) कहते हैं तथा जब पठार किसी पर्वतीय श्रेणी के निचले भाग में स्थित होता है तो उसे तलहटी का पठार (Piedmont Plateau) कहते हैं। पठार के भीतरी भाग में समोच्च रेखाओं का अभाव होता है तथा बाहरी भाग में समोच्च रेखायें पठार की प्रकृति के अनुकूल होती हैं।

चित्र १८३—पठार

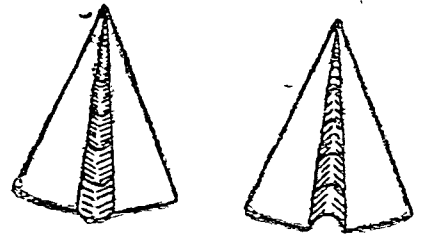
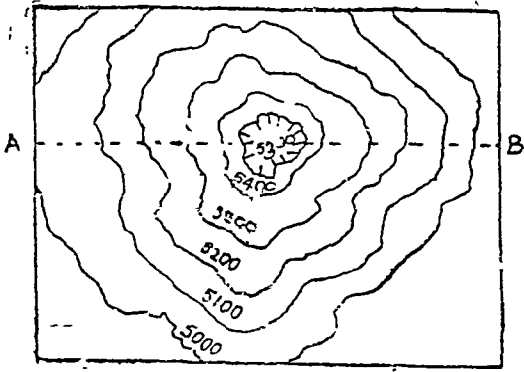
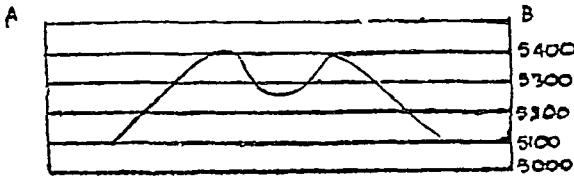
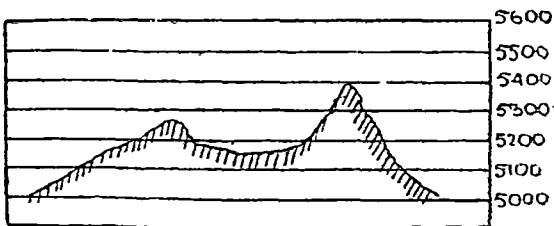
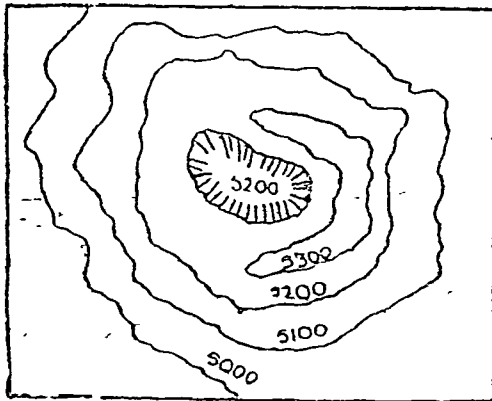
टीला (Knoll)—यह टीले के रूप में एकाकी उभार होता हैं। यदि उसकी ऊँचाई बहुत कम है तो उसे टीला (Knoll) कहते हैं, यदि ऊँचाई अधिक है तो उसे Hillock कहते हैं। एक असमान ऊँचे उभार को Rise कहते हैं। टीला बहुधा एक ही समोच्च रेखा द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।

चित्र १८४ (अ) टीला

भृगु अथवा खाड़ी चट्टान (Cliff)—ऊँचे तथा खड़े ढाल वाली शिला अथवा पहाड़ी को क्लिफ (Cliff) कहते हैं। इसके खड़े-खड़े ढाल को प्रदर्शित करने के लिए दो अथवा अधिक समोच्च रेखाओं को एक ही रेखा के रूप में दिखाते हैं। ऐसी शिलाएँ समुद्रीय तटों पर बहुधा मिलती हैं। जब शिला का ऊपरी भाग नीचे के खड़े भाग से आगे निकला होता है तो उसे प्रलंबी भृगु (Over-hanging Cliff) कहते हैं। इसमें उच्चतर समोच्च रेखायें निम्नतर समोच्च रेखाओं को काटती हैं तथा उनसे आगे निकली होती हैं। प्रलंबी भृगु का ही ऐसा उदाहरण है जहाँ समोच्च रेखायें एक दूसरे को काटती हैं, अन्य भू-आकृति में नहीं।

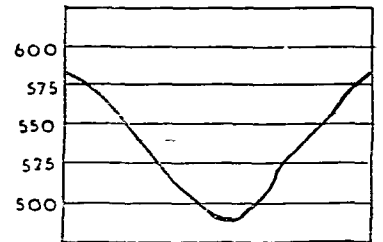
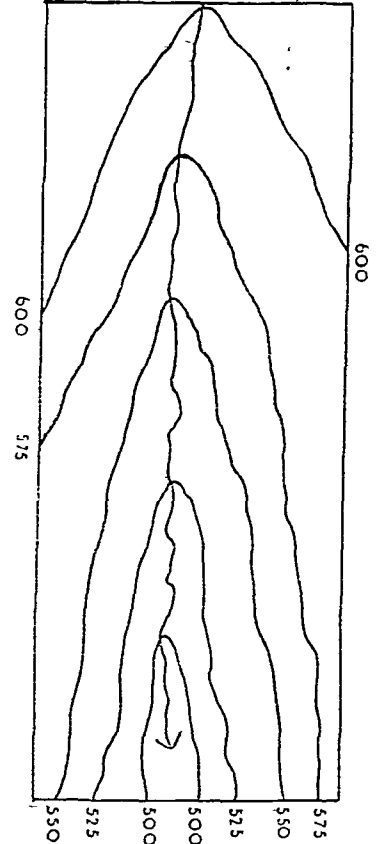
उभार अथवा प्रक्षेप (Spur)—किसी पर्वत, पहाड़ी अथवा पठार के प्रशस्त अग्र भाग को पर्वतीय प्रक्षेप (Spur) हकते हैं। इसमें उच्चतर समोच्च रेखायें निम्नतर समोच्च रेखाओं की ओर झुकी होती हैं जिससे इसका उन्नतोदर ढाल (Convex Slope) स्पष्ट है। रेखाओं का संख्यात्यक मान V की नोंक की ओर कम होता जाता है। यदि किसी उभार का ढाल नदी-घाटी की ओर खड़ा हो तो उसे Bluff कहते हैं।

चित्र १८५

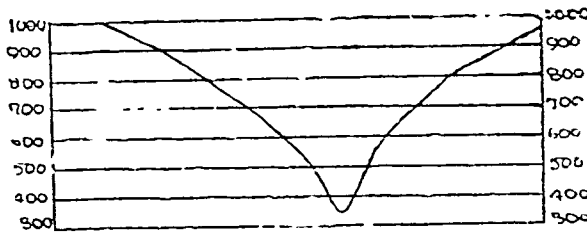
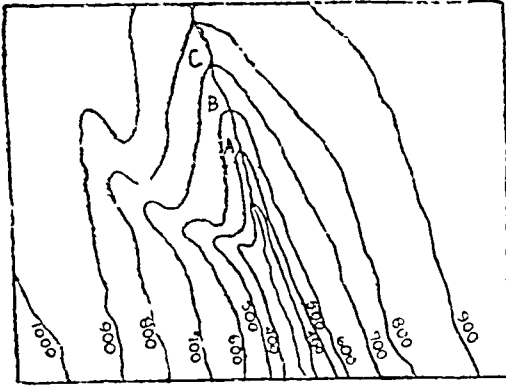
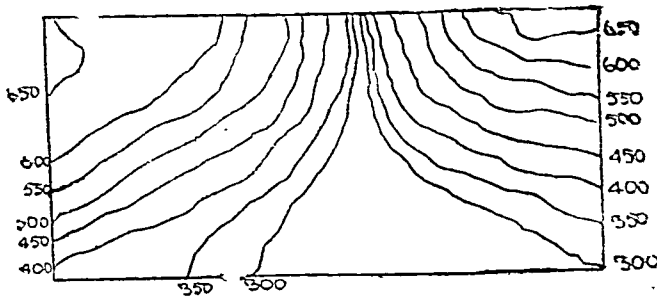
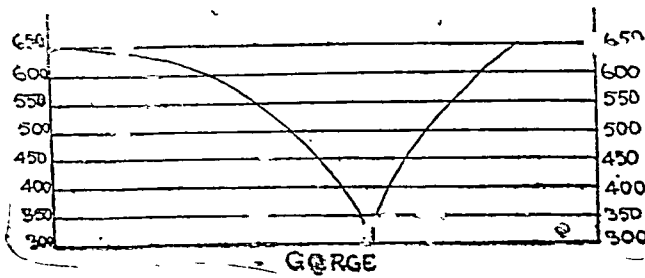
ज्वालामुखी-शंकु तथा ज्वालामुखी-विवर
(Volcanic Cones and Craters)

ज्वालामुखी-शंकु (Volcanic Cone) का निर्माण ज्वालामुखी के उदगार द्वारा होता है। उसका विवर माध्यम होता है। अतः ज्वालामुखीय-शंकु एक पहाड़ी के तुल्य है जिसके केन्द्रीय भाग में ज्वालामुखी-विवर (कभी ज्वालामुखीय झील) का गड्ढा होता है। इसकी समोच्च रेखायें भी वृत्ताकार होती हैं। ज्वालामुखी-विवर को दबी हुई समोच्च रेखाओं द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।

चित्र १८६

चित्र १८७

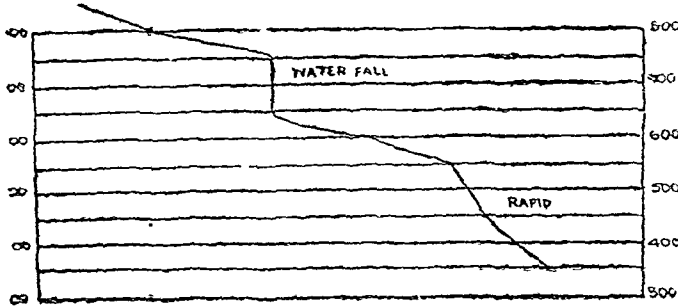
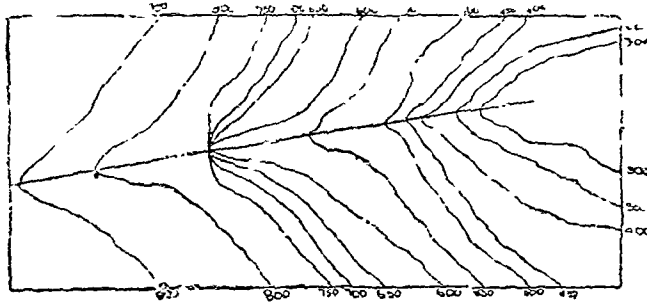
घाटी (Valley):—घाटी वह निचली भूमि है जो ऊँची उठी भूमि में बैठी हुई होती है। इसमें समोच्च रेखाओं की आकृति अंग्रेजी के विलोम 'V' की भाँति होती है तथा समोच्च रेखायें पीछे की ओर मुड़ी हुई होती हैं। समोच्च रेखाओं का संख्यात्मक मान V की नोक की ओर बढ़ता जाता है।

चित्र १८९–प्रक्षेप तथा घाटी की समोच्च रेखायें

चित्र १८८ (अ)–सममित ज्वालामुखी-शंकु

चित्र १८८ (ब) असममित ज्वालामुखी-शंकु

चित्र १९०–घाटी तथा उसका पार्श्व चित्र

यदि समोच्च रेखाओं का संख्यात्मक मान न दिया हो तो प्रक्षेप (Spur) तथा घाटी (Valley) का पहचानना कठिन है क्योंकि दोनों में समोच्च रेखाओं की आकृति V-प्रकार की होती है। चित्र १९० में समोच्च रेखाओं का संख्यात्मक मान ५००′ से ६००′ तक बढ़ता

है तथा रेखाएँ ऊपर की ओर मुड़ी हुई हैं, इसलिए इसे घाटी (Valley) कहेंगे। यदि ५००' के स्थान पर ६००' लिख दिया जावे तथा अन्य संख्याओं को संगतीय क्रम में लिख दिया जावे तो उसे प्रक्षेप (Spur) कहेंगे।

V-आकृति की घाटी (V—Shaped Valley)—यह घाटी नदी द्वारा भू-क्षरण से बनती है। इसकी पार्श्वाकृति अंग्रेजी के V-अक्षर की भांति होती है। घाटी संकुचित (संकरी) तथा प्रशस्त (फैली हुई) दोनों प्रकार की हो सकती हैं। इसमें पार्श्व का ढाल उन्नतोदर (Convex) होता है तथा पार्श्व के ऊपर से खड़े होकर देखने पर नीचे का ढाल दृष्टिगोचर नहीं होता। उन्नतोदार ढाल (Convex Slope) होने के कारण समोच्च रेखाओं के बीच की दूरी नीचे से ऊपर को घटती जाती है अर्थात संख्यात्मक मान के साथ समोच्च रेखाओं के बीच की दूरी बढ़ती जाती है।

चित्र १९१—V—आकृति की घाटी

संकुचित घाटी अथवा कन्दर (Gorge):—कन्दर अत्यधिक संकरी घाटी को कहते हैं जिसके पार्श्व का ढाल खड़ा (लम्बवत) हो। इसका निर्माण नीचे की ओर नदी के बहुत शीघ्र कटाव द्वारा होता है। अधिक ढाल होने के कारण समोच्च रेखायें बहुत पास-पास होती है।

चित्र १९२—कन्दर

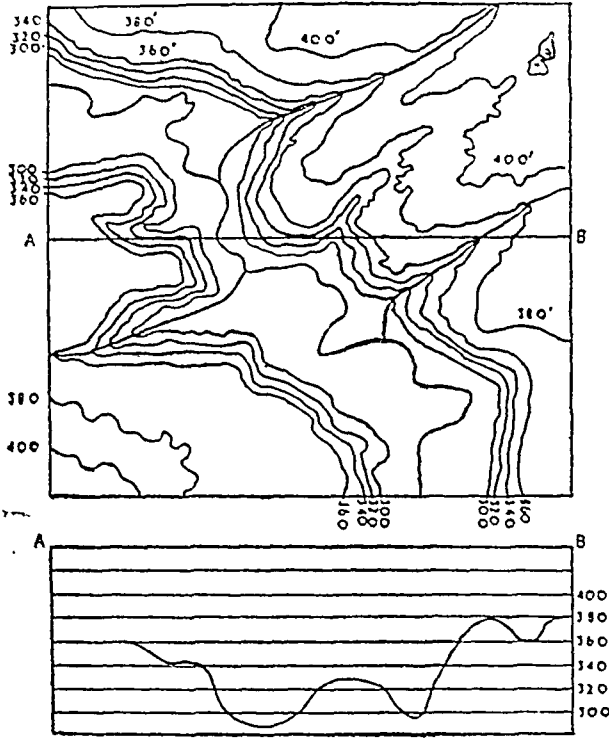
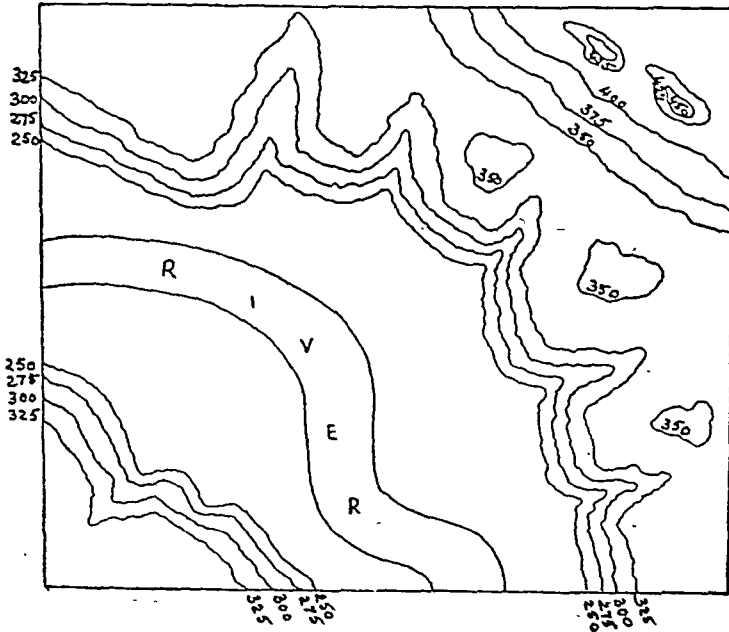
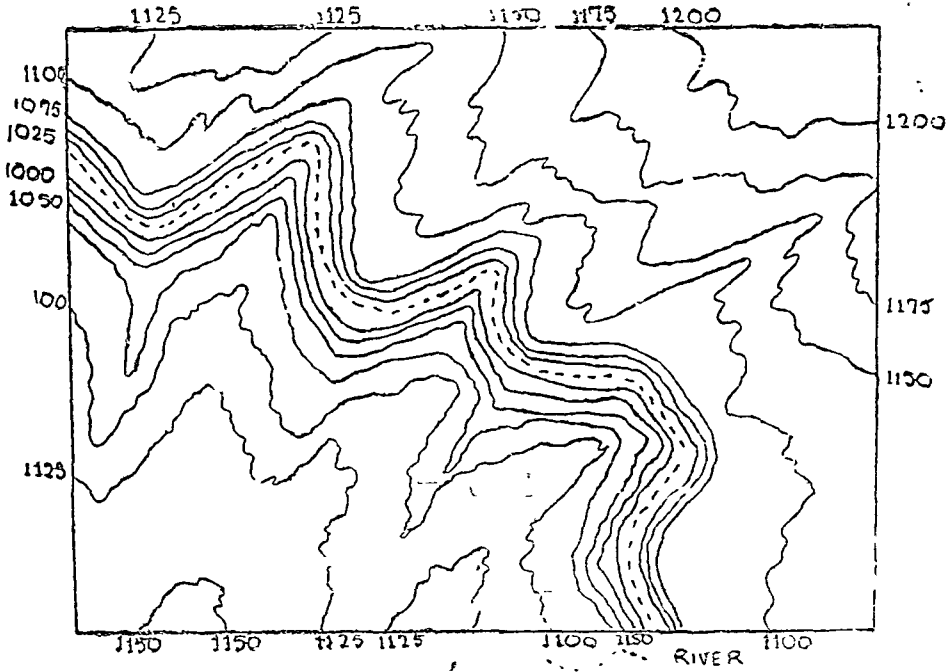
जल प्रपात (Waterfall) :—जहाँ नदी जल लम्बवत् ढाल से एक दम नीचे गिरता है, वहाँ जल प्रपात (Waterfall) बन जाता है। जहाँ ढाल एकदम लम्बवत होकर कुछ कम होता है, वहाँ पानी की गति तीव्र हो जाती है उसे उच्छलिका (Rapids) कहते हैं। अतः जल प्रपात उस स्थान पर बनता है जहाँ कई समोच्च रेखाएं मिल कर एक होकर नदी की घाटी को काटती है। उच्छलिका बनाने के लिए समोच्च रेखाये केवल समीप आती है, स्पर्श नहीं करतीं।

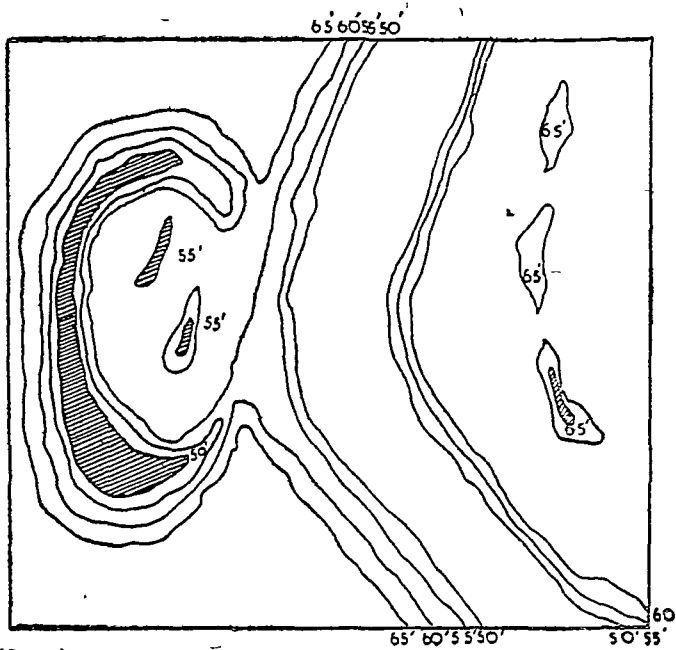
जल प्रपात तथा भृगु दोनों की एक युग्म विशेषता यह है कि दोनों में समोच्च रेखाये परस्पर मिलती हैं। परन्तु दोनों की समोच्च रेखाओं के संख्यात्मक मान में विभिन्नता होती है। इन दोनों का अन्तर घाटी तथा प्रक्षेप के तुल्य होता है।

चित्र १९३ प्रपात तथा रैपिड

परिपक्व कछारी मैदान (Mature Flood Plain)

नदी द्वारा निर्मित कछारी मैदान में भू-क्षरण द्वारा बहुत-सी लघु भू-आकृतियों का जन्म होता है। धरातल की प्रकृति के साथ के साथ नदी का मार्ग टेढ़ा-मेढ़ा होता है, प्रवाह-मोड़ (Meanders) तथा प्रक्षेप (Spurs) बन जाते हैं जिनका ढाल कम होता है। प्रवाह-मोड़ जैसे-जैसे आकार में बढ़ते हैं तथा नीचे की ओर जाते हैं विलोम भू-आकृति का जन्म होता है अर्थात प्रक्षेपों का स्थान कटे तट ले लेते हैं। इस प्रकार एक चौड़े मैदान का निर्माण होता है जिसके तल में स्थान स्थान पर जलोढ़ मिलती है। इस मैदान की सीमाओं का निर्माण भू-क्षरण से तथा तल का निर्माण भराव से होता है। बहुधा प्रवाह मोड़ इस मैदान के आर पार फैले होते हैं जिनके तट अधिक ढालु होते हैं। जब नदी में बाढ़ आती है तो समस्त मैदान जलमग्न हो जाता है। इस मैदान में मोड़दार झीलें, प्रवाह मोड़ प्राकृतिक बांध तथा समान्तर नदियाँ मिलती हैं। समोच्च-रेखा-मानचित्र पर इन भू-आकृतियों को प्रदर्शित करने से नदी के मार्ग के पास अधिक समोच्च रेखायें दिखाई जाती हैं। परिपक्व कछारी मैदान को बहुत टेढ़ी मेढ़ी रेखाओं द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।

चित्र १९४—कछारी मैदान

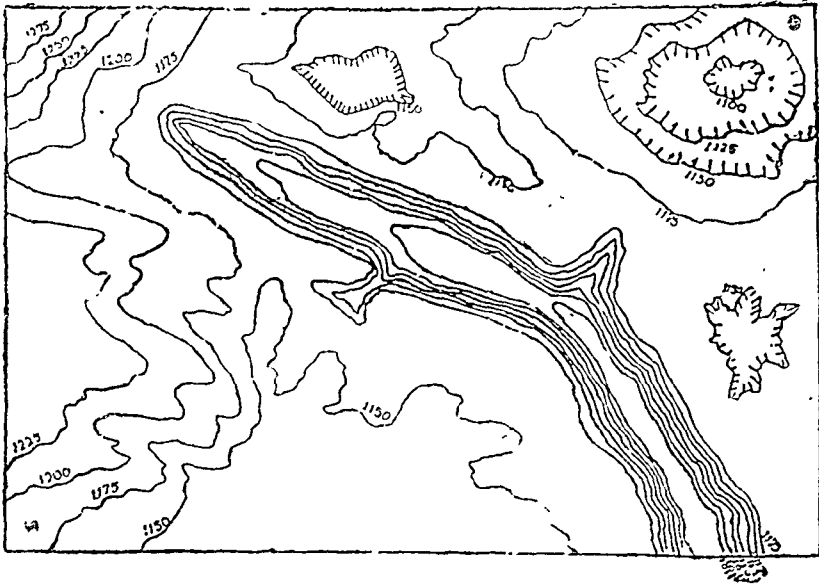
वेदिकायें (Terraces)—कछारी मैदानों की नदियों में वेदिकाएँ (Terraces) मिलती हैं। यह ऊपर काफी सपाट तथा नदी की ओर काफी ढालू होती हैं। वेदिकायें वास्तव में अमुक नदी के पुराने कछार के भग्नावशेष मात्र हैं। जब भू-क्षरण द्वारा नदी की घाटी गहरी हो जाती है तो यह भाग जल तल से सीढ़ी सदृश दीखते हैं। साधारणतया भू-क्षरण वेदिकाओं के किनारे में अधिक होता है। परिणाम स्वरूप वह ऊबड़-खाबड़ हो जाती हैं। चित्र १९५ में ३५० फुट तथा ३२५ फुट ऊँची वेदिकायें हैं। अन्त में ऊबड़-खाबड़ भूमि है। चित्र से स्पष्ट है कि वेदिका में एक ओर अधिक उठान तथा दूसरी ओर अधिक दबाव रहता है। परिणामस्वरूप दोनों ओर बीच की अपेक्षा अधिक समोच्च रेखाएँ होती हैं तथा उनके बीच बहुत कम अन्तर होता है।

चित्र १९५—वेदिकायें

चित्र १९६—गभीरकृत प्रवाह मोड़

गभीरकृत प्रवाह मोड़—(Incised Meanders):—ऐसे प्रवाह मोड़ परिपक्व स्थलाकृति में पायें जाते हैं। वहुत समय तक भू-क्षरण होने के कारण नदी तथा क्षेत्र दोनों परिपक्वता को प्राप्त हो जाते हैं। ऐसी अवस्था

चित्र १९७—अर्द्ध-चन्द्राकार अथवा गोखुर झील

में यदि धरातल का पुनरुत्थान हो तो नदी को नई शक्ति प्राप्त हो जाती है। फलस्वरूप नदी की कटाव शक्ति अधिक तीव्र हो जाती है और वह युवावस्था की भांति अपने तल को अधिक तेजी के साथ गहरा करती है। इस अवस्था में नदी अपनी नवीन शक्ति के साथ प्राचीन प्रवाह मोड़ों के बीच वहती है। ऐसे प्रवाह मोड़ों को गभीरकृत प्रवाह मोड़ (Incised meanders) कहते हैं।

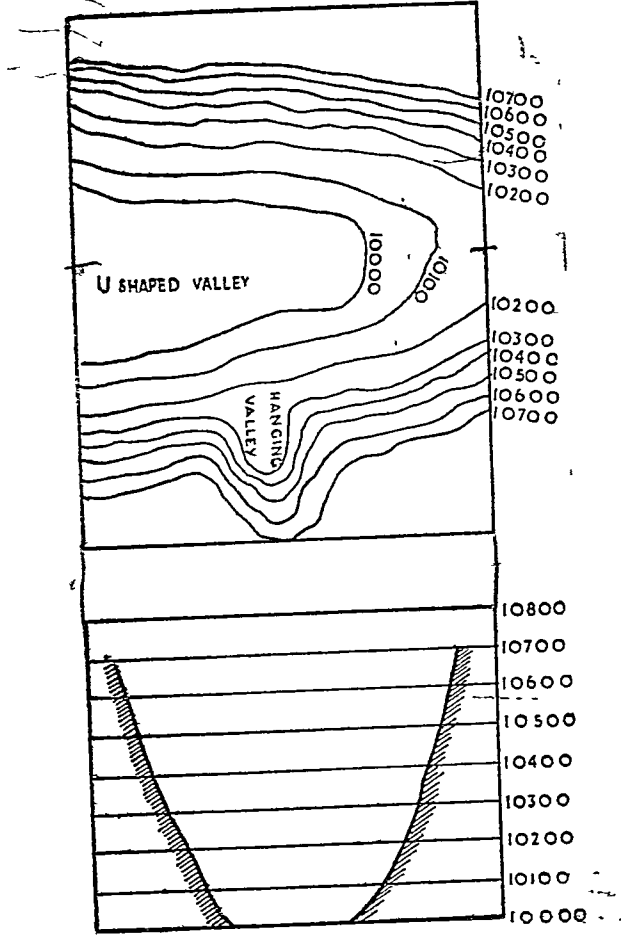
समोच्च रेखा मानचित्र पर इन्हें टेढ़ी-मेढ़ी रेखाओं द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। नदी घाटी पास-पास समोच्च रेखाओं द्वारा प्रदर्शित की जाती है। (देखिये चित्र १९६)

अर्ध-चन्द्राकार झील (Ox-bowlake):—अर्ध-चन्द्रकार झीलों का निर्माण परिपक्व कछारी मैदानों में होता है। जब नदी में बाढ़ आती है जल-प्रवाह प्रचुर तथा तीव्र हो जाता है तो जल-प्रवाह मोड़ों के बीच नहीं समाता, फलस्वरूप नदी पूर्व मार्ग को छोड़कर नवीन मार्ग का अनुसरण करती है। बाढ़ के बाद भी वह अपने नवीन मार्ग से ही बहती है। परिणाम स्वरूप परित्यक्त नदी मोड़ झील का रूप धारण कर लेता है। आकार के कारण इन्हें अर्धचन्द्राकार अथवा गो-खुर झीलें कहते हैं। चित्र १९७ में एक अर्ध चन्द्राकार झील को तीन बन्द समोच्च रेखाओं द्वारा प्रदर्शित किया गया है। मुख्य नदी तथा बाढ़-मैदान भी स्पष्ट हैं।

चूना-प्रदेश (Limestone Topography) :—चूना पत्थर एक घुलनशील पदार्थ है, अतः चूना-प्रदेश में भू-क्षरण बड़ी तीव्र गति से होता है जिसके परिणामस्वरूप बहुत सी भू-आकृतियों का जन्म होता है। इनमें बहुत से

चित्र १९८—चूना-प्रदेश

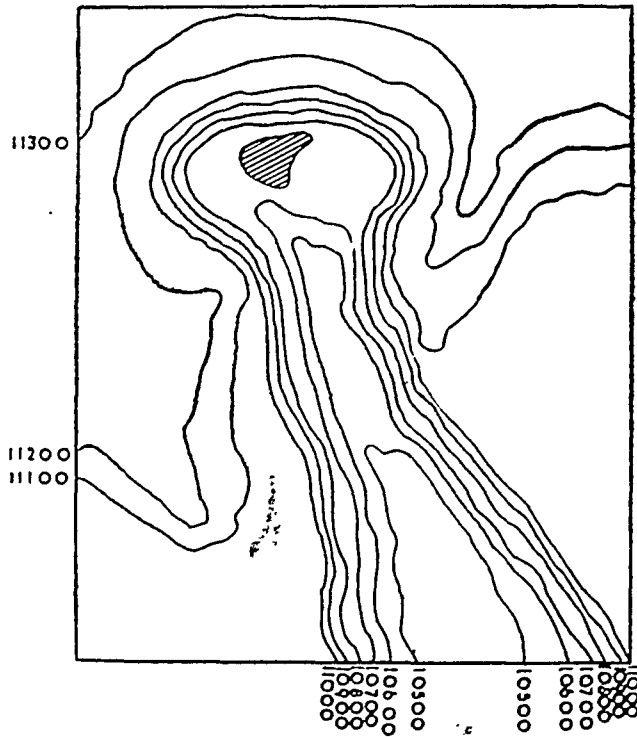
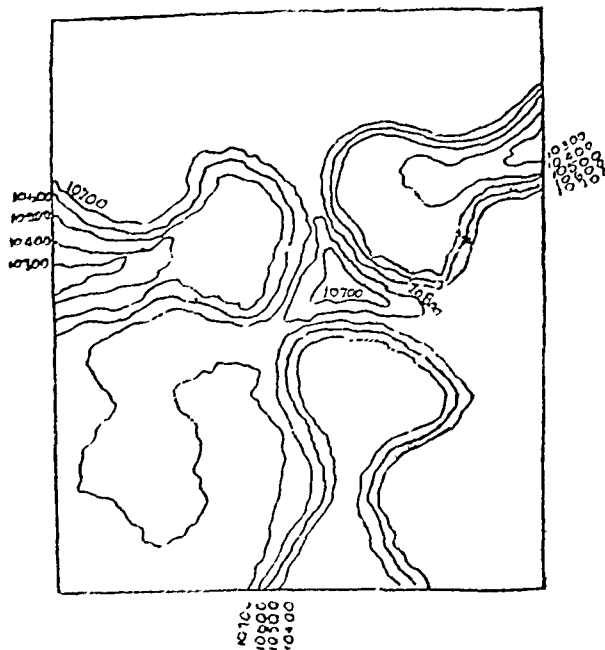
विलय रन्ध्र (Swallow or Dolines) पाये जाते हैं। जब कई विलय रन्ध्र अधिक विकसित होकर आपस मे मिल जाते हैं तो उन्हें यूवाला (Uvalas) कहते हैं। चूँकि ये गर्त साधारणतया कम गहरे होते हैं अतः उन्हें एक दबाव समोच्च रेखा (Depression Contour) द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है, परन्तु यूवालाओं (Uvalas) के विस्तार के कारण अनेक समोच्च रेखाओं की सहायता लेनी पड़ती है। [उवाला से भी विस्तृत गर्त को पोल्जे (Polje) कहते हैं। चूना-प्रदेश में चूना-पत्थर की घुलनशीलता के परिणामस्वरूप बहुत सी दरारें (Karren or Lapies) बन जाती हैं। जब ऐसी कई दरारें किसी नदी मार्ग में पड़ जाती हैं तो नदीं उनमें अन्तर्ध्यान हो जाती है। ऐसी घाटियों को 'अन्धी घाटियाँ' (Blind Valleys) कहते हैं। चूना प्रदेश की घाटियों के ढ़ाल बड़े खड़े होते हैं। समोच्च रेखाएँ नदी-कूल तथा शीर्ष दोनों पर पास पास होती है।

हिमनदी रंजित प्रदेश (Glaciated Topography)—हिम क्षरण (Glacial Erosion) द्वारा निम्नलिखित भू-आकृतियों का जन्म होता है :—

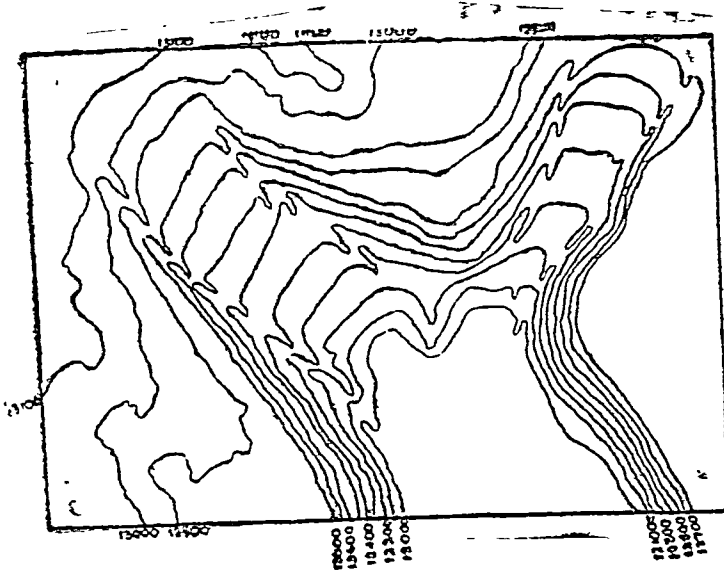
U आकृति की घाटी (U-shaped Valley):—हिम-नदियाँ U आकृति घाटियों को जन्म देती है। इनका तल चौड़ा होता है। पार्श्व पर नतोदर ढ़ाल होता है। इस कारण से पार्श्व प्रदर्शक समोच्च रेख.ये नीचे दूर-दूर तथा ऊपर संख्यात्मक मान मे वृद्धि के साथ पास-पास होती हैं। सबसे नीचे की समोच्च रेखा एक विस्तृत क्षेत्र को घेरती है क्योंकि तल काफी चौड़ा होता है।

चित्र १९९—U आकृति की घाटी

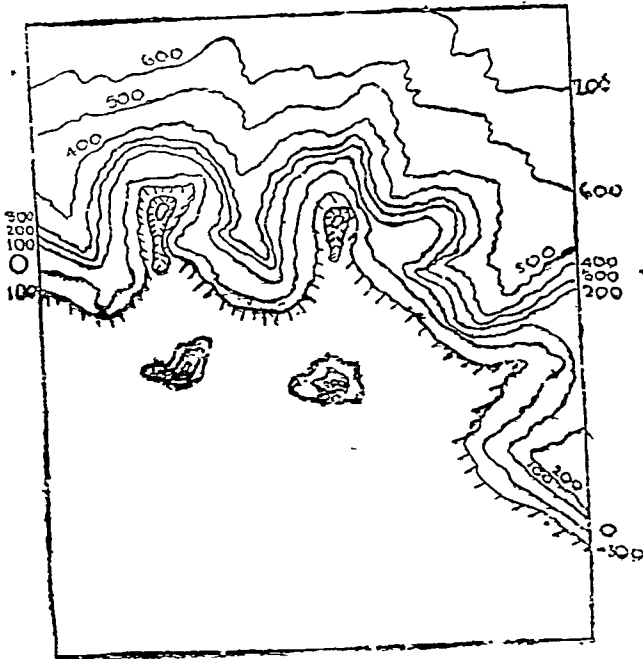
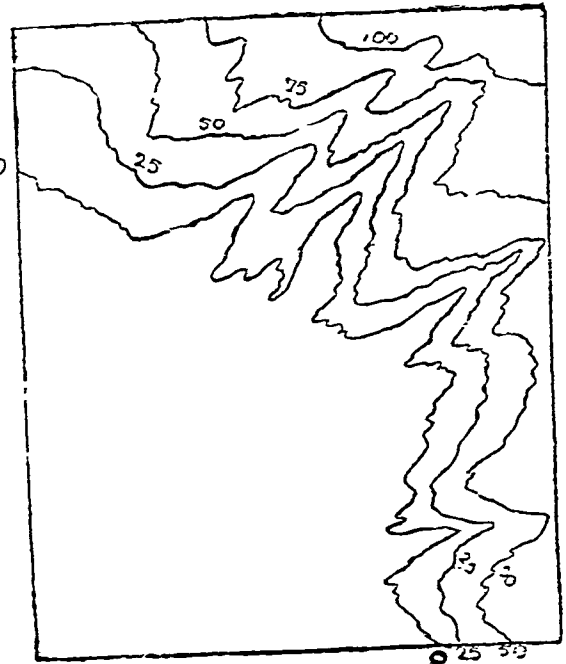
प्रपाती घाटी (Hanging Valley) :—यह भी U आकृति की घाटी होती है। यह मुख्य U आकृति की घाटी की सहायक होती है, अतः इसका आकार छोटा होता है। प्रपाती घाटी प्रपात बनाती हुई मुख्य घाटी में आत्मसात हो जाती है। इसकी समोच्च रेखाये मुख्य U आकृति की घाटी के तुल्य होती है।

सर्क अथवा हिमजगहवर (Cirque or Corrie)—सर्क (Cirque) आराम कुर्सी की आकृति का एक विशाल गड्डा होता है। हिम नदी अपनी U आकृति घाटी के शीर्ष पर बनाती है। इसके चारों ओर लम्बवत ढ़ाल की मुण्डेर होती है जो केवल हिम नदी के प्रवाह की ओर खुली होती है। इसके मध्य भाग में कतिपय छोटी झील भी होती है। इसके लम्बवत ढ़ाल की मुण्डेर को पास-पास समोच्च रेखाओं द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। चौडा तल तथा नतोदर ढ़ाल समोच्च रेखाओं द्वारा स्पष्ट है। जिस स्थान पर विभिन्न दिशाओं से अनेक सर्क अकार मिलते है. मध्य मे एक उच्च शृंग (Horn) बन जाता है। शृंग (Horn) के ढ़ाल बहुत खड़े होते हैं क्योंकि वे चारों ओर हिमजगहवर से सम्बन्धित होते है।

हिमोढ़ (Glacial Moraines) :—हिम नदी अपने साथ बहुत सा मलवा बहाती चलती है। यह मलवा घाटी में कटाव तथा टूटी हुई चट्टानों द्वारा एकत्र हो जाता है। जब हिम नदी इसके भार को

चित्र २००—सर्क

चित्र २०१—सर्क से सम्बन्धित भू-आकृतियाँ

नहीं सहन कर सकती तो उसे परित्यक्त कर देती है। इस प्रकार पार्श्व प्रदेश में एकत्र मलवे को पार्श्विक हिमोढ़

अथवा पार्श्विक मोरेन (Lateral Moraines) कहते हैं। जहाँ दो हिम नदियों का संगम

चित्र २०२—मोरेन

होता है तो दोनों के पार्श्विक मोरेन मध्य में मिलकर मध्यस्थित हिमोढ़ (Medial Morain) बनाते हैं। चित्र २०२ में दो हिम नदियों द्वारा बनाए हुए पार्श्विक मोरेन को

चित्र २०३ (अ)—फियोर्ड तट

चित्र २०३ (ब) रिया तट

समोच्च रेखाओं द्वारा प्रदर्शित किया गया है। इनके बीच में मध्यस्थित हिमोढ़ एक प्रक्षेप (Spur) के रूप में स्पष्ट है। जो मलवा हिम नदी के अन्त में एकत्र होता है, उसे अग्रातस्थ हिमोढ़ (Terminal Morain) कहते हैं। इससे आगे परन्तु तल-प्रदेश में एकत्रित मलवे को तलस्थ हिमोढ़ (Ground Morain) कहते हैं। समतल मैदान में विक्षिप्त तलस्थ हिमोढ़ को ड्रमलिन अथवा हिमनदोढ़ गिरि (Drumline) की संज्ञा दी जाती है जो स्थलीय पेटारी में अण्डे की भाँति बिखरे होते हैं।

फिओर्ड तट (Fiord Coast):—फिओर्ड तट समुद्र के उस किनारे को कहते हैं जहाँ हिम नदियों ने तट को छोटी-छोटी U-आकृति की घाटियों में काट रक्खा है। यह तट बहुत कटा फटा होता है। फिओर्ड में गहराई भीतर की ओर अधिक शीघ्रता से बढ़ती है। इसकी समोच्च रेखाये U-आकृति की घाटियाँ बनाती हैं तथा पास-पास होती हैं। समोच्च रेखान्तर भी काफी होता है। कतिपय फिओर्ड के मुहाने के निकट चट्टानी द्वीप होते हैं जो आयताकार होते है।

रिया-तट (Ria Coast):—फिओर्ड तट की भाँति रिया-तट भी जल मग्न होता है। अन्तर केवल इतना है कि फिओर्ड तट के निर्माण में हिम-नदियों का योगदान होता है परन्तु रिया तट के निर्माण मे साधारण नदियों का। अतः इन जल मग्न घाटियों में, जैसे-जैसे ऊपर बढ़ते हैं नदी तल छिछला होता जाता है। ये U-आकृति के भी नहीं होते हैं। मैदानी तट पर निर्माण होने के कारण इसकी ऊँचाई शनैः शनैः बढ़ती है तथा समोच्च रेखान्तर कम होता है। यह प्रायः २५ फुट से अधिक नही होता।

खण्ड घ : खंडक-रेखा-चित्र (Block Diagrams)

परिचय :—खंडक-रेखा-चित्र (Block diagram) उत्सेघ आकृतियों के प्रदर्शन की एक श्रेष्ट विधि प्रस्तुत करते हैं। इस प्रकार के प्रदर्शन में दो महत्वपूर्ण बाते है—खंडक तथा चित्र। खंडक वह आधार अथवा नींव है जिस पर उत्सेघों का प्रदर्शन किया जाता है और चित्र ब्लाक के नींव पर धरातलीय उत्सेघाकृतियों का चित्रांकन है। खंडक के किनारों के सहारे भूगर्भिक रचना प्रदर्शित की जाती हैं और उसके ऊपर के तल पर विभिन्न उत्सेघ आकृतियों (Relief Features) के चित्र अंकित किये जाते हैं। इस प्रकार एक खडक-रेखा-चित्र दो बाते प्रदर्शित करता है—भूगर्भिक संरचना (Geological Structure) तथा उत्सेघ आकृतियाँ (Relief Features)। अतः, जो बाते दो भागों—एक मानचित्र तथा एक पृथक पार्श्व भाग—द्वारा प्रदर्शित की जाती है उन्हें यह एक ही मे प्रदर्शित करता है। अब यह स्पष्ट है कि एक खंडक-रेखा-चित्र केवल लम्बाई और चौड़ाई को ही प्रदर्शित नही करता वरन् गहराई अथवा ऊँचाई को भी प्रदर्शित करता है। त्रि-विस्तारों (लम्बाई, चौड़ाई तथा ऊँचाई) को प्रदर्शित करने से खंडक-रेखा-चित्र सम्पूर्ण उत्सेघ आकृतियों का एक स्पष्ट चित्र प्रस्तुत कर देता है।

साथ ही साथ चट्टानों तथा उत्सेघ आकृतियों के बीच समानता भी उस पर ठीक समझ में आ जाती है। इस प्रकार विभिन्न आकृतियों के निर्माण का कारण सरलता से बताया जा सकता है।

अपनी स्पष्टता के कारण खंडक-रेखा चित्र अधिक सुबोध होते हैं और दृष्टिगत-बोध उत्पन्न करने के कारण मस्तिष्क मे अधिक सरलता से स्थिर रखे जा सकते हैं। एक साधारण ज्ञान वाला व्यक्ति भी खंडक-रेखा-चित्र को सरलता से समझ सकता है।

खंडक-रेखा-चित्रों में अशुद्धियाँ:

इस अर्थ में कि खंडक-रेखा-चित्र उत्सेघ आकृतियों का वास्तविक प्रदर्शन नहीं है, मानचित्र रचना सम्बन्धी अन्य प्रदर्शनों से कुछ भिन्नता रखता है। इस भिन्नता तथा दोष के दो कारण हैं—प्रथम तो यह कि खंडक-रेखा-चित्र में केवल प्रमुख उत्सेघ आकृतियों को ही दिखाया जाता है, अनावश्यक तथा छोटी छोटी आकृतियाँ छोड़ दी जाती हैं। दूसरे शब्दों में, खंडक-रेखा-चित्र केवल उन्ही आकृतियों को प्रदर्शित करते हैं जिन पर विशेष जोर देना होता है। इस प्रकार यह एक साधारण नियमबद्ध प्रदर्शन है।

दूसरा यह कि मापक की दृष्टि से प्रदर्शित आकृतियाँ सही नही होती है, क्योंकि खंडक-रेखा-चित्र धरातलीय दृश्यों को प्रस्तुत करते हैं। समीप की वस्तु आँखों को बड़ी दिखाई देती है और दूर की वस्तु छोटी। इस प्रकार सम्पूर्ण ब्लाक चित्रों में वस्तु के आपेक्षिक आकार एवं दूरी निर्देश पूर्वक चित्रांकन विद्या का सिद्धान्त अचल रूप से लागू होता है।

ये अशुद्धियाँ जानबूझ कर की जाती है। स्थलाकृति के प्रधान रूपों पर जोर देने के लिए साधारणीकरण के नियम ही साधन हैं। भूगोल के विद्यार्थी का ध्येय उत्सेघ आकृति की रचनात्मक रूप में व्याख्या करना है और उसका यह ध्येय सर्वथा दूषित नहीं है। वास्तव में जो सुरक्षित परिणामों में अवरोध उपस्थित करते हैं, यह छोटे छोटे विवरणों को छोड़ देने से सुसाध्य हो जाता है।

फिर, उत्सेध आकृतियों को एक दृष्टव्य रूप देकर मानचित्रकार उन्हें मनुष्य मस्तिष्क के सम्मुख प्रस्तुत करता है। मनुष्य मस्तिष्क के लिए सभी दृश्य परिचित हैं क्योंकि वे आँखों के सम्मुख हैं। इस प्रकार ब्लाक चित्र वुद्धि को अधिक यथार्थ प्रतीत होते हैं और बहुत समय तक स्मरण रहते हैं।

परिभाषा

खंडक-रेखा-चित्र भू आकृतियों तथा पृथ्वी के नीचे उन भूगर्भिक संरचना का दृश्यानुरूप त्रिविस्तारीय प्रदर्शन है।

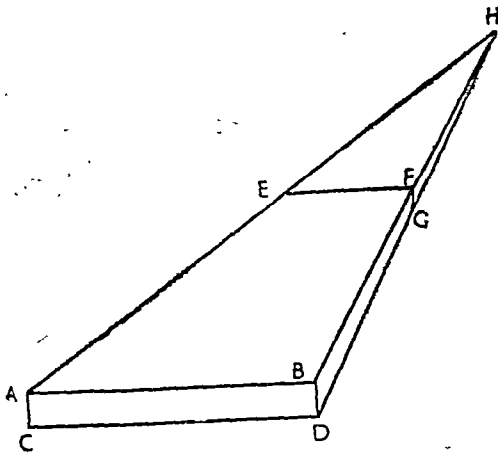
खंडक-रेखा-चित्र की मानचित्र से तुलना

कई दृष्टियों से खंडक-रेखा-चित्रों का महत्व मानचित्रों से अधिक है। यह एक स्पष्ट प्रदर्शन है जो बड़ी सरलता से समझ में आ जाता है तथा स्मृति में अधिक समय तक रखा जा सकता है। कुछ महत्वपूर्ण आकृतियाँ खंडक-रेखा-चित्र में समुचित ढंग से दिखाई जाती है जो कि नेत्रों को अधिक प्रभावित करती है। भूगर्भिक संरचना भी इसमें दिखाई जाती है इससे रचना और उत्सेध आकृतियों का सम्बन्ध स्पष्ट हो जाता है। ब्लाक चित्रों के त्रिविस्तारीय तथा दृश्यानुरूप होने से ही ये सब सुविधायें प्राप्त होती हैं। गुणों के साथ ही साथ इसमें कई दोष भी हैं। मानचित्र आकार और विस्तार को सही सही रूप में प्रदर्शित करता है। इसके अतिरिक्त यह अधिक पूर्ण प्रदर्शन है क्योंकि इसमें पूर्ण विवरण दिखाये जाते हैं। मानचित्र में लम्बाई तथा चौड़ाई का प्रदर्शन किया जाता है जबकि ब्लाक चित्र लम्बाई, चौड़ाई तथा ऊँचाई तीनों को प्रदर्शित करता है।

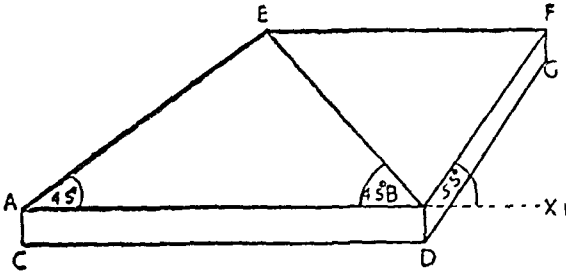
खंडक-रेखा-चित्रों का खींचना

एक विन्दु दृश्यानुरूप खंडक-रेखा-चित्र (One-point-perspective):—इस प्रणाली में दो पार्श्वों (Cross Sections) में से एक देखने वाले के बिल्कुल सम्मुख रहता है, और सम्पूर्ण खंडक दाहिनी अथवा बाँयीं ओर को देखा जाता है। सम्मुख भाग आयत जैसा दिखाया जाता है (पार्श्व आकृति में ABCD)। दृश्यानुरूप परिणाम भाव देने के लिए सभी भुजायें एक विन्दु पर मिल जाती है जो कि क्षितिज पर स्थिति मान लिया जाता है। इस विन्दु को जिस पर ब्लाक के किनारों के साथ की सभी रेखायें मिलती है 'लोप विन्दु' (Vanishing point) कहते हैं। इस दशा में, वे सम्पूर्ण रेखायें जो कि लम्बवत अथवा क्षैतिज है क्रमशः लम्बवत तथा क्षैतिज रखी जाती है। इस प्रकार केवल किनारे की रेखायें एक विन्दु पर मिलती हैं, अन्य नहीं।

चित्र २०४—एक विन्दु दृश्यानुरूप खंडक-रेखा-चित्र

इस दशा में सम्मुख भाग सदैव स्पष्ट दिखाया जाता है किन्तु पार्श्व भाग भी इस प्रकार खींचा जाता है कि उसकी मोटाई भूगर्भिक रचना दिखाने के लिए पर्याप्त हो, अर्थात लम्ब रेखा FG बहुत छोटी नहीं होनी चाहिए। यह लोप विन्दु की स्थिति पर निर्भर करता है (चित्र २०४ देखिये)। यदि विन्दु H और अधिक दाहिने या बाँये लिया जाता है तो पार्श्व भाग बहुत पर्याप्त होगा। किन्तु यदि लोपविन्दु सम्मुख ब्लाक के बीच के जितना ही समीप होगा पार्श्व भाग उतना ही छोटा होगा और अभिप्रायः सिद्ध के अनुकूल नहीं होगा और अन्तिम दशा में जब लोपविन्दु सम्मुख भाग के पीछे होगा तो पार्श्व भाग बिल्कुल अदृष्ट हो जायेगा। अतः लोप-विन्दु सम्मुख भाग के दायीं या बाँयीं ओर समुचित स्थान पर लेना चाहिये किन्तु इसका यह अर्थ नहीं कि लोपविन्दु दाहिनी या बाँयी ओर अधिक दूर तक हटाया जा सकता है। वास्तव में सर्वोतम परिणाम नीचे दी हुई कार्य-विधि के अनुसरण करने से प्राप्त किया जाता है जो कि एक व्यवस्थित सूत्र (Formula) है। यह ध्यान रखना चाहिये कि केवल सम्मुख भाग की रेखाओं की लम्बाई ही ठीक ठीक रहती हैं और अन्य सभी रेखायें छोटी होती हैं क्योंकि वे लोप विन्दु के समीप रहती हैं और कार्यस्थल में नेत्रों को छोटी ज्ञात होती हैं। इस प्रकार AB की अपेक्षा EF तथा BD की अपेक्षा FG छोटी है।

कार्य विधि

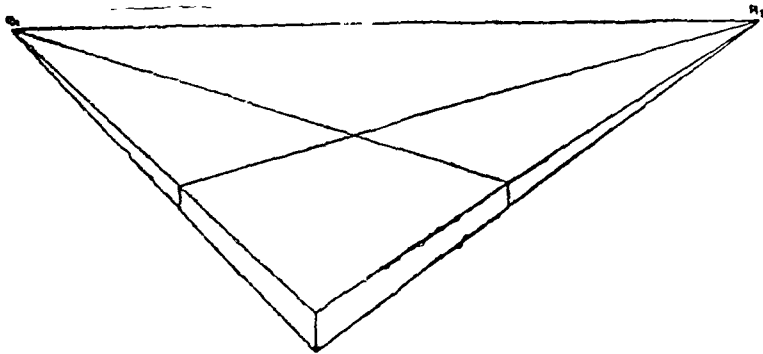
चित्र २०५

फिर भी इसके लिये कोई कठोर नियम नहीं है। प्रदर्शन की आवश्यकताओं के अनुकूल नापों में परिवर्तन भी किया जा सकता है। लेकिन अधिकांश दशाओं में यह नियम संतोषजनक पाया जाता है और इसके प्रयोग से कार्य आसानी से हो जाता है।

सर्व प्रथम सम्मुख भाग को खींचिये। AB रेखा सामान्यतया ३ इंच की लीजिये लेकिन आवश्यकता पड़ने पर इसे ५ इंच तक बढ़ाया जा सकता है। BD को AB के १/१० भाग के बराबर लेकर आयात पूरा कीजिये। A विन्दु पर ४५° का कोण खींचिए। कोण FBX ५५° का खींचिए और कोण EBA ४५° का। AE तथा BE विन्दु E पर मिलती हैं। E से AB के समानान्तर EF रेखा खींचिए। पार्श्व भाग खींचने के लिए FG को BD के ५/६ या ४/५ के बराबर लीजिए।

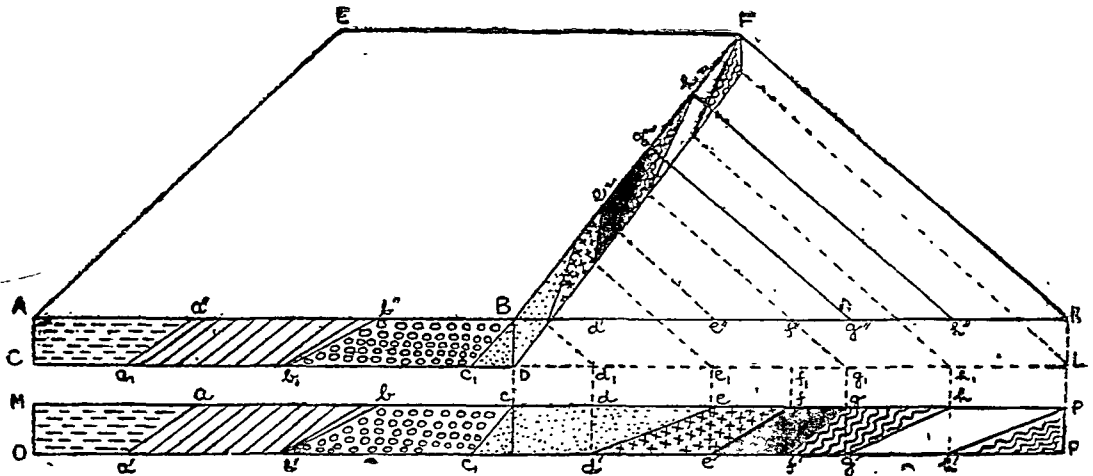
इस प्रकार चित्र २०५ में।

$$AB = ३'' \text{ से } ५''$$
$$\angle A = ४५^\circ$$
$$\angle ABE = ४५^\circ$$
$$\angle FBX = ५५^\circ$$
$$BD = \frac{१}{१०} AB$$
$$FG = BD \text{ का } \frac{५}{६} \text{ या } \frac{४}{५}$$

दो विन्दु दृश्यानुरूप खंडक-रेखा-चित्र (Two Point Perspective Block)

पीछे हम ने देख चुके हैं कि एक विन्दु दृश्यानुरूप ब्लाक में सम्मुख से खींची जाने वाली सभी रेखायें पीछे की ओर एक विन्दु पर जाकर मिल जाती हैं। चूंकि उनके निकलने का विन्दु एक ही है अत: पार्श्व भाग केवल एक है। दो विन्दु दृश्यानुरूप ब्लाक मे मिलने के दो विन्दु हैं, फलस्वरूप दो पार्श्व भाग हैं। इस प्रकार इसमें कोई सम्मुख भाग नहीं होता और देखने वाले के सम्मुख ब्लाक नहीं रहता, बल्कि उसका एक कोना रहता है। खंडक-रेखा-चित्र ब्लाक दो लोप-विन्दुओं की ओर दाहिने तथा बांये संकीर्ण होता चला जाता है।

चित्र २०६—दो विन्दु दृश्यानुरूप ब्लाक

पार्श्व का विवरण (Details of Section)

दृश्यानुरूपता के सिद्धान्तों के अनुकूल पार्श्व की भूगर्भिक संरचना को चिन्हित किया गया है। सम्मुख भाग में रचना बिना किसी परिवर्तन के उसी तरह चिन्हित की गई है। किन्तु पार्श्व भाग के सहारे सभी क्षैतिज रचनायें क्षितिज

चित्र २०७—भूगर्भिक भाग की रचना स्थानान्तरण

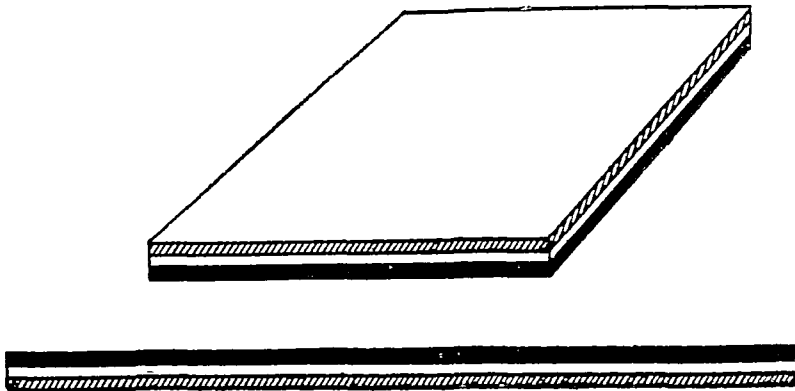
पर मिलती मालूम होती है और इसलिए प्रत्येक रचना की चौड़ाई क्षितिज की ओर कम हो जाती है। प्रकृति में जो कुछ लम्बवत हैं वह खंडक-रेखा-चित्र के भाग में भी लम्बवत ही रहता है। विद्यार्थियों को ये दो बातें अच्छी तरह यान में रखना चाहिये, विशेष रूप से अन्तिम बात।

संरचना स्थानान्तरण की विधि

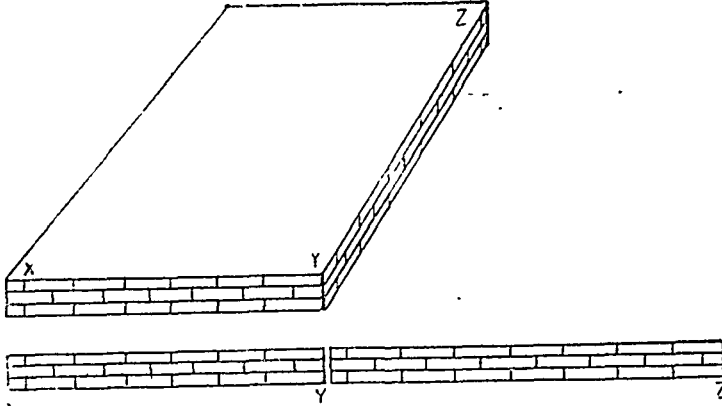
M,PP′O भूगर्भिक भाग को प्रदर्शित करता है जिसको ब्लाक के भाग पर स्थानान्तरित होना है। a,b,c,d इत्यादि विन्दुओं के संगति-स्थितियों को ज्ञात करना मुख्य कार्य है। यह कार्य a,b,c,d आदि से AK पर लम्ब खींच कर तथा a″, b″, c″, आदि से उन्हें मिलाकर सरलता से किया जा सकता है। इसी प्रकार a′,b′,c′,d′ आदि से CL पर a_1,b_1,c_1 आदि से मिलने के लिये लम्ब खींचिये।

जहाँ तक सम्मुख भाग का सम्वन्ध है वह चित्र a_1a'', b_1b'', c^1 B रेखाओं को खींचकर तथा विभिन्न चट्टानों के चिन्हों से चिन्हित करके पूरा किया जा सकता है। पार्श्व भाग के लिए KF को मिलाइये और h″,g″, आदि से KF के सामान्तर रेखायें खींचिए ताकि वे पार्श्व भाग के ऊपर और नीचे दोनों रेखायें BF से h_2,g_2 आदि पर मिले। इसी प्रकार F के नीचे पार्श्वभाग के अन्तिम विन्दु से L को मिलाइये और उचित विन्दुओं से समानान्तर रेखायें खींचिये। इस प्रकार BF तथा GD के किनारे हमें विन्दु प्राप्त होते हैं जिनके मिलाने से रचना का निर्देश हो सकता है। वर्णित विधि कुछ कठिन अवश्य जान पडती है लेकिन प्रयोगों में यह सरल है। यह खंडक-रेखा-चित्र वनाने वाले के अनुभव तथा उसकी कुशलता पर निर्भर करता है।

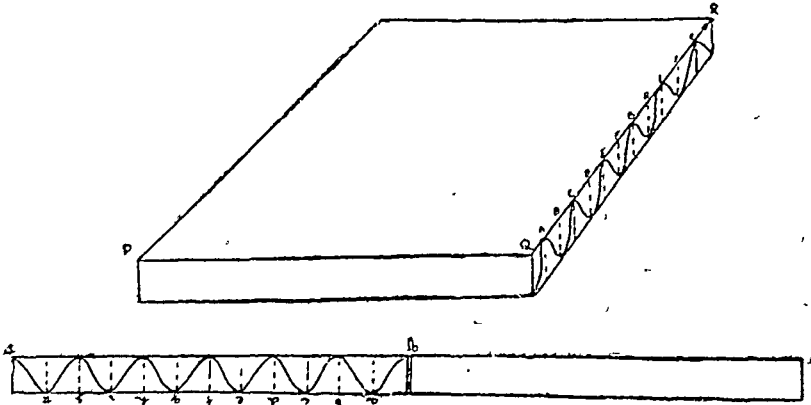
क्षैतिज-संरचना (Horiz ontal Structure)

जव रचना पूर्णत: क्षैतिज हो, तव स्थानान्तरण की विधि वहुत सरल है जो कि चित्र २०८से शीघ्र ही स्पष्ट हो जायगी। केवल यह स्मरण रखने की वात है कि चट्टानें क्षितिज में मिलती हुई ज्ञात हों।

चित्र २०८

चूने के पत्थर की तहें

जब कि चूने के पत्थर की तहों को पार्श्व भाग पर स्थानान्तरित करना हो तो इसकी विधि ठीक उसी प्रकार है जिसका वर्णन पहिले किया गया है। खंडक-रेखा-चित्र बनाने वाले को केवल यह ध्यान में रखना चाहिये कि लम्बवत रेखा लम्ब ही रहे।

चित्र २०९—चूने के पत्थर की तहें

मोड़दार संरचना (Folded Structure)

मुड़ी हुई संरचना में भी यही नियम लागू होता है, अर्थात लम्ब रेखायें लम्ब ही रहेंगी। मोड़ों के अक्षीय धरातल स्वतंत्र खींचे हुए भूगर्भिक भाग तथा ब्लाक के पार्श्व भाग, दोनों पर लम्ब रेखाओं द्वारा दिखाया जाता है

चित्र २१०—मुड़ी हुई रचना का स्थानान्तरण

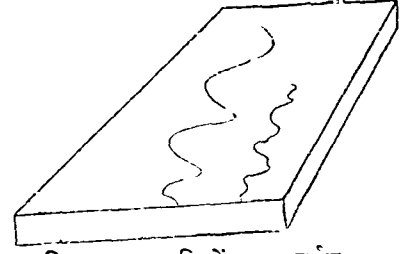
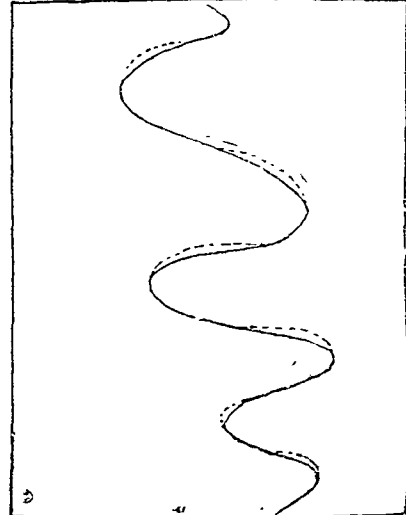
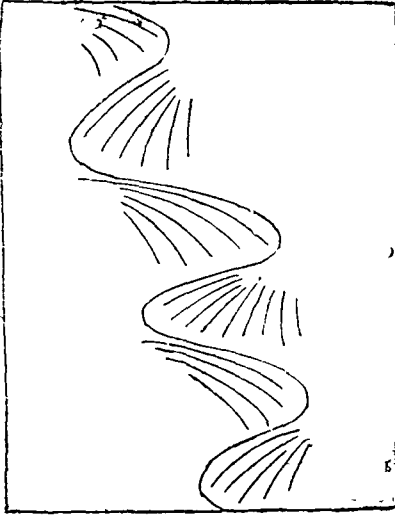
खंडक-रेखा-चित्र के धरातल पर भू-आकृतियों का प्रदर्शन

नदियां :—अन्य आकृतियों की भाँति नदियाँ भी दृश्यानुरूपता के नियम के अनुसार खंडक-रेखा-चित्रों पर प्रदर्शित की जाती हैं। प्रायः सभी नदियों में मोड़ होते हैं। तेज बहने वाली नयी नदियों में वक्रता कम होती है। इस प्रकार की नदियों में घाटी की गहराई का भी विचार किया जाता है। प्रौढ़ तथा वृद्ध नदियों में केवल नीचे कटे हुए किनारों के सहारे ही गहराई पाई जाती है। कटे हुए किनारे के दूसरी ओर नदी की ढाल कम होता है।

नदियों को दिखाते समय यह सर्वदा ध्यान में रखना चाहिये कि हम लोग हमेशा नदी की लम्बाई को देखते हैं, नदी की चौड़ाई को नहीं। इसका अर्थ यह हुआ कि कोई नदी की मध्यधारा में ऐसी स्थिति में खड़े होने की कल्पना करे कि वह नदी पर काफी दूर तक देख सके। दृष्टि-रेखा की कल्पना नदी-जल के धरातल पर होनी चाहिये। यदि

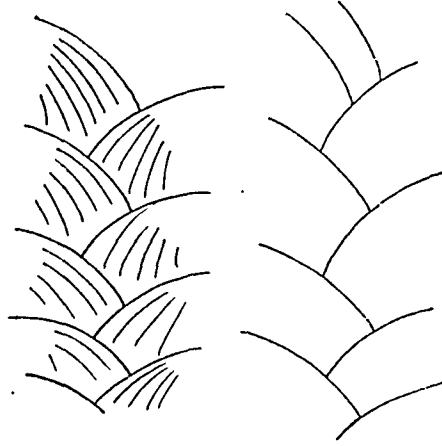
ये सभी शर्त पूरी हो जाती है तो पहिला परिणाम यह होगा कि जैसे जैसे देखने वाले की दूरी बढ़ती जायगी वैसे वैसे नदी पतली मालूम होगी, दूसरा परिणाम यह होगा कि तीव्र घुमाव के विन्दु पर नदी चौड़ी मालूम होगी और अन्य स्थानों में पतली मालूम होगी । दूसरा पक्ष प्रौढ़ नदियों के खींचने में लागू होता है ।

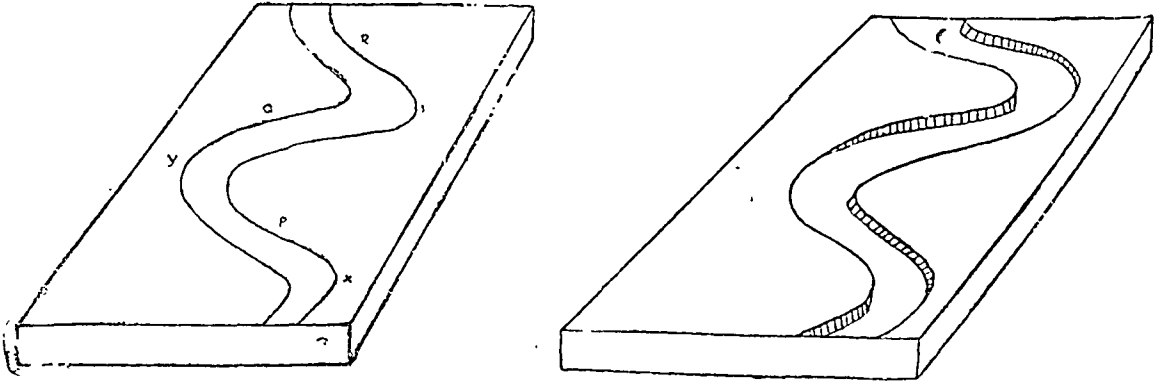
नदियों के सामान्य प्रदर्शन के लिये उनके घुमाव वृत्ताकार वक्र मान लिए जाते हैं और इसलिये ब्लाक चित्र में ये अंडाकार वक्र रूप मे दिखाये जाते हैं । नदी के मोड़ों की चौड़ाई अधिक रखनी चाहिये जिससे कि नदी मैदान के धरातल पर जाने पड़े । यदि घुमाव अंडाकार नहीं हैं अथवा बहुत छोटे हैं तो नदी मैदान पर टँगी हुई मालूम होगी । नयी नदियों में दृश्यानुरूप परिणाम भाव सम्मुख भाग से दूर घुमाव को छोटा करने से उत्पन्न किया जाता है ।

चित्र २११—नदियों का प्रदर्शन

गहरी घाटी प्रायः विकसितावस्था की घाटी दिखाने के लिये पहिले एक साधारण नदी की वक्रता खींची जाती है और तब उनके घुमाव विन्दुओं पर नदी की स्पर्श रेखायें खींची जाती हैं और फिर उन्हे सपाट कर दिया जाता है । रेखायें इतनी लम्बी खींची जाती हैं कि वे धारा को पार कर लें और उसके बाद भी फैल जाँय । वस्तुतः मुख्य नदी को छोड़ दिया जाता है और मानचित्र से उसका लोप कर दिया जाता है तथा घाटी की गहराई दिखाने के लिये छोटी छोटी रेखायें खींच दी जाती हैं जैसा कि उपर्युक्त चित्र में दिखाया गया है । किन्तु जहाँ घाटियाँ गहरी हैं वहाँ विधि आसान है क्योंकि नदी खींचने की मौलिक आवश्यकता नहीं है । बदले में बहुत सी रेखायें छोटे कोणों पर एक दूसरे से मिलती हुई तिरछे खींच दी जाती है । फिर, छोटी छोटी रेखायें इन रेखाओं के समानान्तर खींची जाती है । चित्र नं० २१९ से इनके खींचने की विधि स्पष्ट हो जायेगी ।

चित्र २१२ तथा २१३—गहरी घाटी

पूर्ण विकसित नदियाँ (Mature Streams)

पूर्ण विकसित नदियाँ एक रेखा से नहीं दिखाई जाती, वरन् उनकी चौड़ाई के प्रदर्शन पर विशेष ज़ोर देने के लिए दो रेखाओं से दिखाई जाती हैं । दृश्यानुरूपता के कारण ये रेखायें सम्मुख भाग से जैसे जैसे दूर होती जाती हैं उतनी ही एक दूसरे की समीप दिखाई जाती है । नदी की चौड़ाई स्थान स्थान पर बदलती रहती है । मान लीजिए कि कोई व्यक्ति मध्यधारा में खड़ा होकर धारा पर देख रहा है तो जहाँ नदी और दृष्टि-रेखा समानान्तर हैं वहाँ सबसे अधिक चौड़ी ज्ञात होगी । यह उन्हीं विन्दुओं पर होता है जहाँ नदी तेजी से मुड़ती है । अतः नदी के तेज घुमावों पर वह सबसे अधिक चौड़ी दिखाई जाती है ।

अन्य स्थानों में जहाँ दृष्टि-रेखा धारा पार करती है, दो किनारे एक दूसरे के समीप जान पड़ते हैं

चित्र २१४–विकसितावस्था की गहरी घाटी का खींचना

अतः उन क्षेत्रों में नदी संकरी दिखाई जाती है। नदी के दो घुमावों के बीच भी यही अवस्था होती है। इस प्रकार पूर्ण विकसित घाटियाँ निम्न प्रकार से दिखाई जायेंगी।

चित्र २१५ तथा २१६–पूर्ण विकसित घाटियाँ

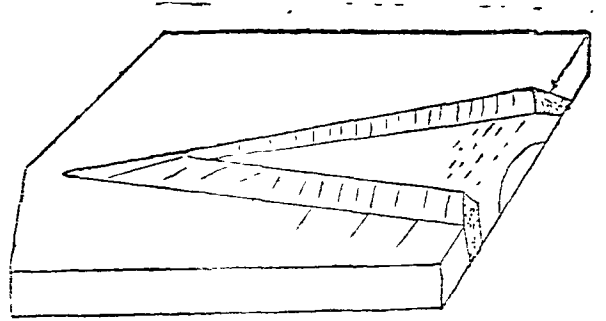
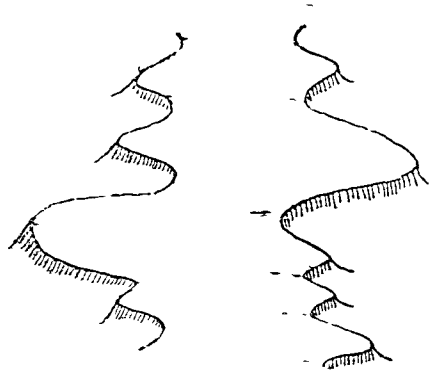
ध्यान देने की बात है कि X, Y, तथा Z स्थानों पर नदी चौड़ी है और P, Q, तथा R पर सँकरी है। यह भी ध्यान देने की बात है कि X से Y तथा Y से Z पर तथा P से Q तथा Q से R पर नदी की चौड़ाई कम है।

विकसित घाटी में गहराई अपेक्षाकृत कम होती है और प्रायः एक ही किनारे पर पाई जाती है। इसे प्रदर्शित करने के लिए, पहिले किनारे की लम्बाई को देखना चाहिये जहाँ किनारे की ऊँचाई (या नदी की गहराई) दिखाई देगी जब कि कोई नदी के मध्य में खड़ा होकर धारा पर देखेगा। यह शीघ्र ही ज्ञात होगा कि यह R, Q तथा P किनारों के सहारे दिखाना चाहिये और छोटी लम्ब रेखाओं द्वारा प्रदर्शित किया जाना चाहिये।

उच्च उत्सेध आकृतियाँ

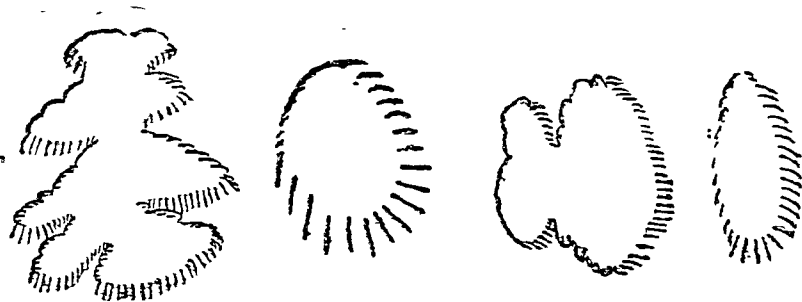
ऊँची उत्सेध आकृतियों के अन्तर्गत जिनका कि विद्यार्थियों से सम्बन्ध हैं, वे है कटक, पहाड़ियाँ, पर्वत तथा पठार। कटकों के प्रदर्शन के लिए एक ऊँचा और लम्बा क्षेत्र दिखाना होता है और साथ ही साथ कटक के दोनों ओर एक खड़ा ढाल भी दिखाना होता है। दोनों ओर का ढाल बराबर नहीं होता और न अपने सम्पूर्ण विस्तार में समरूप ही होता है। चित्र नं० २१८ में ये दिखाए गए हैं।

(Anticlinical) ढाँचा होने के कारण सँकरे कटक बीच में खंदकीय क्षेत्र को घरते हैं। यह चित्र नं० २१७ में दिखाया गया है।

यह ध्यान देने की बात है कि anticlinal output में ऊँचाई दूर वाले कटक सहारे तथा ढाल समीप वाले कटक के सहारे दिखाई जाती है।

चित्र २१७—मोड़दार अथवा मेहराबदार उभार

चित्र २१८—कटक

यह भी ध्यान देने की बात है कि ऊपर के चित्र में चोटी लगभग समरूप मान ली गयी है। ढाल के किनारे केवल उन्हीं भागों को छाया से दिखाया गया है जहाँ ऊँचाई दिखाई देने योग्य नहीं है वहाँ वह छाया द्वारा नहीं दिखाया गया है। इसी प्रकार कम ढाल को प्रदर्शित करने के लिए लम्बी रेखायें भी खींची गई हैं। चोटी के समीप ढ़ाल खड़ा है।

पहाड़ियाँ

पहाड़ियाँ गोल या लम्बी दोनों प्रकार की हो सकती हैं। दोनों अवस्थाओं में केन्द्र में एक क्षेत्र घिरा रहता है और यही शिखर प्रदर्शित करता है। किनारों पर एक खड़ा ढाल दिखाया जाता है। अतः केवल डैश चिन्ह का ही प्रयोग किया जाता है। लम्बी रेखायें जैसा कि कटक के प्रदर्शन के लिए प्रयोग की जाती है, पहाड़ियों के लिए प्रयुक्त नहीं की जाती क्योंकि पहाड़ियों के किनारे का ढाल कटकों के ढ़ाल की अपेक्षा अधिक सीधा होता है। लम्बी रेखायें जो मुड़ जाती है कम ढ़ाल को प्रदर्शित करती है किन्तु यदि वे लम्बवत हैं तो वे खड़े ढाल को दिखाती है।

चित्र २१९—साधारण तथा कटी हुई पहाड़ियाँ

पर्वत

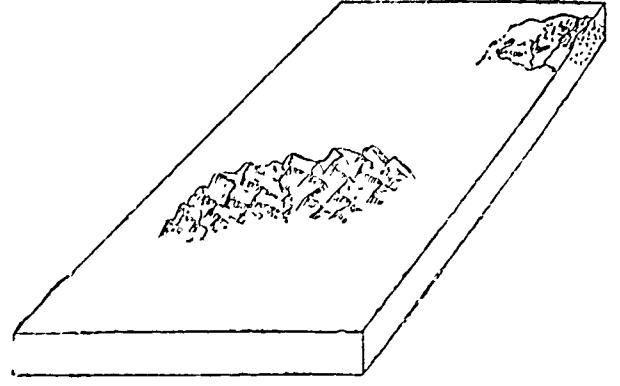
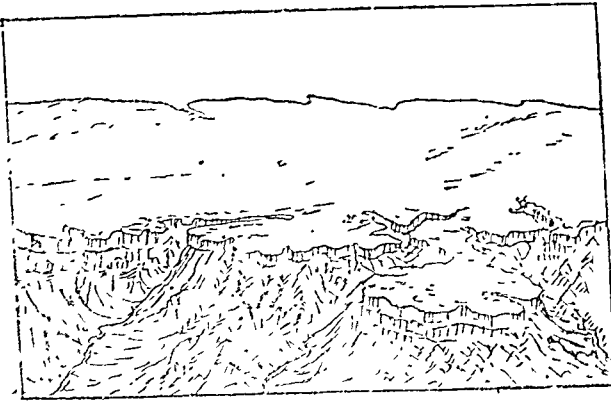
चित्र २२० पर्वत

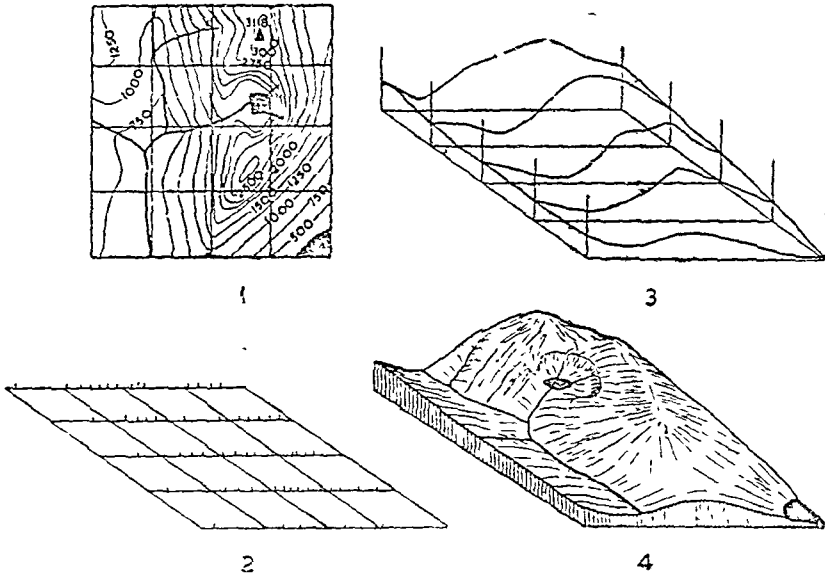
पर्वतों के प्रदर्शन में यह आवश्यक है कि उस क्षेत्र में ढाल के प्रभुत्व को दिखाया जाय। अतः बहुत सी पहाड़ियों तथा घाटियों को इसके लिए एक ही स्थान पर दिखाना होता है। पहाड़ियाँ पृथक पृथक नहीं होतीं, वे श्रेणियों में पाई जाती हैं। इन श्रेणियों को हमेशा टेढ़ा-मेढ़ा खींचना चाहिए और इन श्रेणियों को अलग करने वाली घाटियों की चौड़ाई भिन्न भिन्न होनी चाहिए। इन दोनों विधियों मे पहाड़ों की ऊँचाई पर जोर दिया जाता है। जटिल पहाड़ों के दिखाने की दूसरी विधि है त्रिभुज के समूह द्वारा और फिर प्रत्येक त्रिभुज के आधे भाग में ही एक ओर डैशों तथा समानान्तर छोटी छोटी रेखाओं द्वारा छाया कर देना। दूसरा किनारा खाली छोड़ दिया जाता है। प्रथम विधि ऊपर के चित्र बाँये भाग में तथा दूसरी विधि दाये भाग में दिखाई गयी है।

पठार

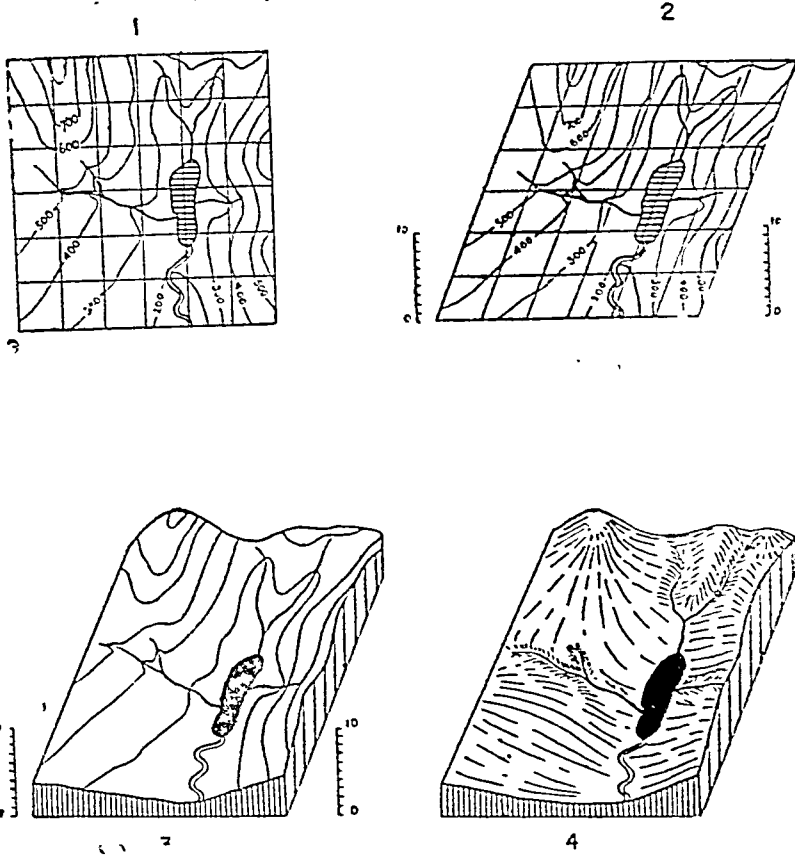
चित्र २२१—पठार

पठारी क्षेत्र के प्रदर्शन में दीवाल के नीचे का ढाल स्पष्ट रूप से दिखाना चाहिए यदि वह चित्रित क्षेत्र में पड़ता हो तो। यदि इस प्रकार का ढाल न पड़ता है तो इसका अवशिष्टांश—a mesa—बनेगा और घाटी मैदानी क्षेत्र की अपेक्षा बहुत गहरी होगी।

समोच्च रेखा मानचित्र का खंडक-रेखा-चित्र में रूपान्तरित करना (Transformation of A Contour Map into A Block Diagram)

भू आकृतियों के मुख्य भाग को दिखाने वाले समोच्च रेखा मानचित्र का एक खंडक-रेखा-चित्र में रूपान्तरित करना बिल्कुल संभव है। इसके लिए पहिले मानचित्र पर वर्गों का जाल बिछाइये। मानचित्र का पूर्ण अध्ययन कीजिए और मस्तिष्क में उसका एक चित्र बना लीजिए। प्रदर्शन के लिए यह आवश्यक है कि पहाड़ियाँ ब्लाक के पृष्ठ पर दिखाई जाँय क्योंकि तभी क्षेत्र के ढाल को अकेले ठीक से चित्रित करना संभव होगा। फिर, ब्लाक के लिए एक उपयुक्त स्थिति निश्चित कीजिए और वर्गों का जाल बिछाइये। निम्न दी विधियों में से किसी एक के प्रयोग से आप उनमें अन्य भू-आकृतियों को प्रदर्शित कर सकते हैं।

(१) बहुगुणित खण्ड विधि (Multiple-Section Method):—समोच्च रेखाओं के कटान विन्दुओं तथा अन्य प्रासंगिक विन्दुओं पर चिन्ह लगा लीजिए जिससे मुख्य पहाड़ियों की चोटियाँ तथा अन्य प्रमुख ऊँचाइयाँ ब्लाक पर दिखाई जा सकें। साथ ही साथ मुख्य नदियों की धाराओं तथा शिखर रेखाओं आदि को भी सावधानी पूर्वक चिन्हित करना होता है, क्योंकि ये अन्य उत्सेध आकृतियों को चित्रित करने में सुविधाजनक होंगी। अब कोई उपयुक्त लम्ब मापक चुनिये और ब्लाक पर चिन्हित विभिन्न विन्दुओं पर लम्ब रेखायें खींचिए और उनकी ऊँचाई दिखाइए। चारों किनारों तथा क्षैतिज रेखाओं (Horizontal grid Lines) के सहारे खण्ड कीजिए। अब विभिन्न भू-आकृतियों को छाया के द्वारा खण्डों पर विकसित कीजिए। नदियाँ तथा अन्य विवरण को चित्रित कीजिए। बनावट वाली रेखाओं को मिटा दीजिए। अब अभीप्ट खंडक-रेखा-चित्र प्राप्त हो जाएगा।

चित्र २२२—बहुगुणित खण्ड विधि द्वारा ब्लाक चित्र की रचना

(२) स्तरविधि (The Layer Method) :—ब्लाक पर वर्गों का जाल तैयार करने के बाद सम्पूर्ण समोच्च रेखाओं तथा धाराओं आदि को मानचित्र पर से उस पर स्थानान्तरित कीजिए। नकल उतारने वाले एक पारदर्शक कागज (Tracing paper) पर इसकी वाह्य सीमाओं को खींचिए और एक चुने हुए मापक पर आधार के प्रत्येक कोने से लम्ब खड़ा कीजिए। अब, ब्लाक चित्र के ठीक ऊपर 'ट्रेसिंग' (Tracing) को रखिए। ट्रेसिंग को ऊपर को खिसकाइए ताकि सबसे ऊँची समोच्च रेखा लम्बवत मापक पर अपने संगत विन्दु से मिल जाय और उसमें विशिष्ट समोच्च रेखा को खींचिए, फिर ट्रेसिंग को नीचे की ओर खिसकाइए ताकि अन्य सर्वोच्च समोच्च रेखा लम्बवत मापक पर अपनी संगत विंदु से मिल जाय। इस समोच्च रेखा को भी पूरा कीजिए और फिर अन्य सर्वोच्च रेखाओं को भी पूरा कीजिए। अब उसमें नदियों इत्यादि को भी दिखाइए तथा चारों किनारों के सहारे खंड कीजिए और

समोच्च रेखाओं के सिरों को मिला दीजिए। खंडक-रेखा-चित्र को पूरा कीजिए जैसा कि चित्र नं० २२३ में दिखाया गया है।

चित्र २२३—स्तरविधि द्वारा ब्लाक चित्र की रचना

अध्याय ६

सांख्यिक तालिका-प्रदर्शन

आधुनिक सभ्यता की एक विशेषता यह है कि मानव ने अपने भौतिक जीवन को सुखी बनाने के लिए पृथ्वी के संसाधनों का उपयोग किया है। उनके प्रयोग में खोज के निमित्त हमें उन उत्पादित वस्तुओं की उपयोगिता तथा उत्पादन का लेखा रखना पड़ता है। यह लेखा संख्या प्रमाणों (Statistics) या संख्याओं (Figures) में अचल रूप में होता है। किसी देश के आर्थिक भूगोल के अध्ययन के लिए इन तालिकाओं का अध्ययन आवश्यक होता है। कभी कभी, हम इनके प्रयोग की गतिविधि का पता लगाने के लिए चक्कर में फँस जाते हैं, उदाहरण के लिए भारत के विभिन्न उद्योगों में कोयले के उपयोग को ले सकते हैं। कभी कभी हमें विभिन्न देशों के उत्पादित वस्तुओं को परिणाम से भी तुलना करने की आवश्यकता पड़ जाती है अथवा किसी अवसर पर हम दी हुई तालिका से कुछ निश्चित परिणाम निकालना चाहते हैं।

जब हम इस सम्बन्ध में किसी निश्चित परिणाम पर पहुँचना चाहते हैं तो संख्याओं के भ्रमजाल में फँसकर कोई भी कार्य सम्पन्न नहीं कर पाते। संख्यायें इतनी अस्पष्ट तथा कभी कभी घबरा देने वाली होती हैं कि उनसे किसी निश्चित निर्णय पर नहीं पहुँचा जा सकता। किन्तु जब ये संख्यायें रेखात्मक रूप से प्रदर्शित की जाती हैं तो उनका अर्थ स्पष्ट हो जाता है और तब हम आसानी से किसी सही निर्णय पर पहुँच जाने में सफलीभूत होते हैं। सांख्यिक तालिका के रेखात्मक प्रदर्शन का मुख्य गुण सुविधा एवं शुद्धता है जिसकी सहायता से संख्याओं से हम कोई परिणाम निकाल सकते हैं। ये परिणाम प्रायः तुलना तथा गतिविधियों के निर्णय रूप में होते हैं।

रचनात्मक प्रदर्शन की दो विधियाँ हो सकती हैं :—

(१) चित्रों अथवा ग्राफ (Graph) द्वारा जहाँ बिना मानचित्र के प्रदर्शन होता है।

(२) वितरण मानचित्रों (Distribution Maps) द्वारा। विभिन्न उपयोगी वस्तुओं का वितरण मानचित्र पर दिखाया जाता है अतः वह प्रदर्शन का वस्तुतः आधार हो जाता है। भूगोल के विद्यार्थियों के लिए यह विभाग अधिक महत्वपूर्ण है क्योंकि उनका विशेष अभिप्राय मनुष्य और पृथ्वी के पारस्परिक सम्बन्धों के रहता है। यहाँ एक वस्तु विशेष के वितरण पर भूगोल का प्रभाव बहुत कुछ स्पष्ट हो जाता है।

दो परिवर्तनशील राशियों का चित्र

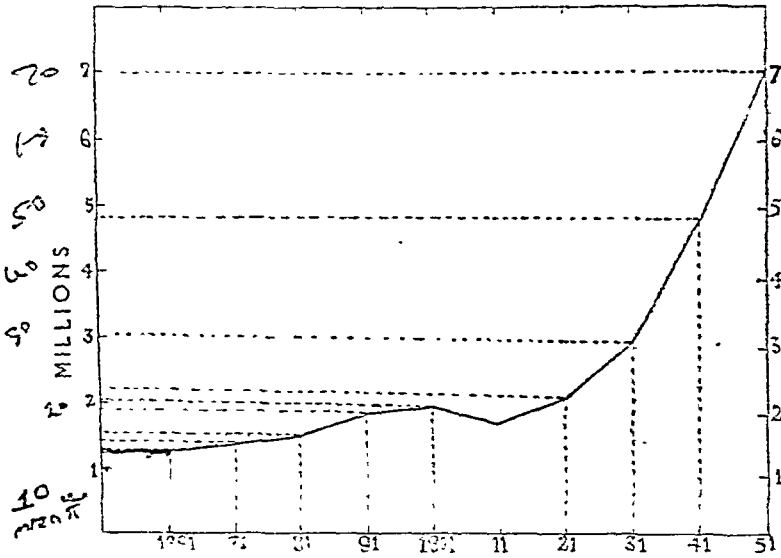
ग्राफ प्रायः दो परिवर्तनशील राशियों के पारस्परिक संबंधों को दिखाने के लिए खींचे जाते हैं। इन परिवर्तनशील राशियों में से एक तो उत्पादन है जिसे दिखाना होता है। इसे प्रायः Y अक्ष के सहारे दिखाते हैं। दूसरी परिवर्तनशील इकाई समय या क्षेत्रफल (देश) है। यदि क्षेत्रफल वही है तो समय बदलता है और यदि समय स्थिर है तो क्षेत्रफल बदलता है। यदि हमें संयुक्तराज्य अमेरिका में ताँबे का उत्पादन सन् १९४२ से सन् १९४७ के लिए दिखाना है तो इसमें क्षेत्रफल स्थिर है और समय बदलता है। इसी प्रकार यदि हम १९४७ में विश्व के अन्यान्य ताँबा पैदा करने वाले देशों का उत्पादन दिखाते हैं तो इसमें समय स्थिर है और क्षेत्रफल बदलता है। अतः यह ध्यान रखना चाहिए कि या तो समय परिवर्तनशील है या क्षेत्रफल और जब एक परिवर्तनशील है तो दूसरा नहीं बदलेगा। संख्याओं को ग्राफ पर दिखाने के पहिले उन्हें जाँच लेना चाहिए। यदि वे विषम संख्यायें हैं तो वे सम तथा पूर्णांक बना ली जाती हैं। संख्याओं को पूर्णांक बना लेने से परिणाम में कोई विशेष अन्तर नहीं होता क्योंकि ग्राफ स्वयं एक आसन्नात्मक (Approximative) है। यदि समय बदलता हो और क्षेत्रफल स्थिर हो तो रेखा ग्राफ बहुत सुविधाजनक होता है। समय क्षैतिज-अक्ष (X-axis) के सहारे दिखाया जाता है। दूसरी परिवर्तनशील राशि लम्ब अक्ष (Y-axis) के सहारे नापी जाती है। परिवर्तन या भिन्नता सिरे पर एक वक्र रेखा द्वारा प्रदर्शित की जाती है। निम्न तालिका कानपुर नगर की जनसंख्या-वृद्धि को प्रदर्शित करती है :—

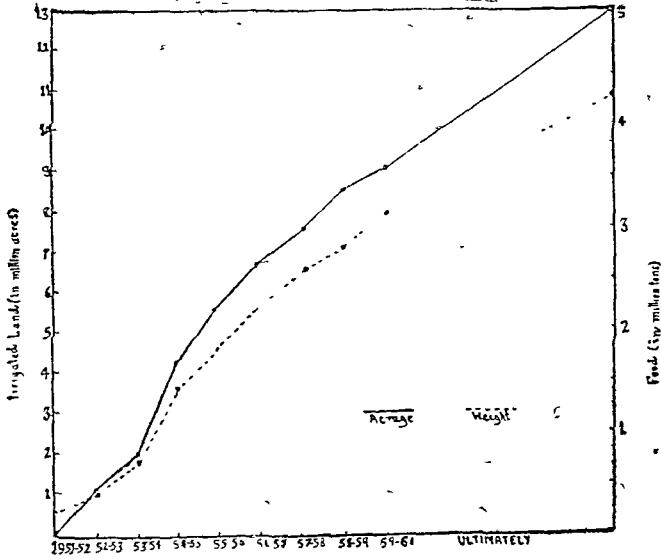
वर्ष	जनसंख्या	पूर्णांक संख्या (लाखों में)	वर्ष	जनसंख्या	पूर्णांक संख्या (लाखों में)
१८६१	१२२,५००	१२·२	१९११	१७८,५५७	१७·९
१८७१	१३८,७००	१३·९	१९२१	२१६,४८६	२१·६
१८८१	१५१,४४४	१५·१	१९३१	२४३,७५५	२४·४
१८९१	१८८,७१२	१८·९	१९४१	४८७,३२४	४८·७
१९०१	१९७,१७०	१९·७	१९५१	७०५,३८३	७०·५

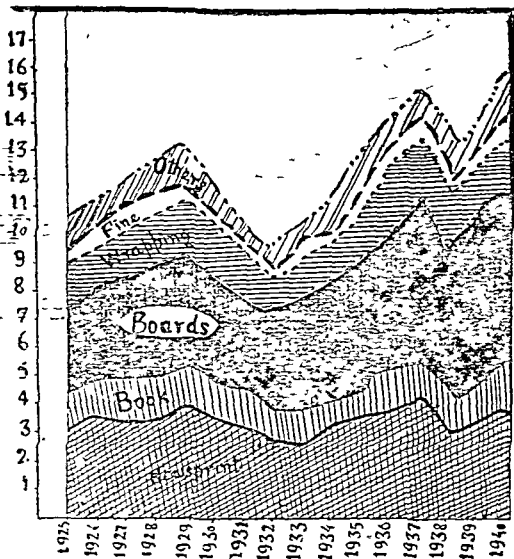
संख्याओं को उपर्युक्त तालिका की भाँति पूर्णांक में परिवर्तित कर देते हैं।

सावधानी—(१) ग्राफ खींचने में शून्य से लेकर दी हुई सबसे ऊँची संख्या तक की संख्यायें खींचनी चाहिए, दी हुई कम से कम संख्या से सबसे ऊँची संख्या तक नहीं। ऊपर की तालिका के लिए दिखाई जाने वाली संख्या ० से ७०·५ लाख तक प्रदर्शित की जायेगी, १२·२ लाख से ७०·५ लाख तक नहीं, अन्यथा परिवर्तन बहुत अधिक हो जायेगा और गतिविधि या प्रवृत्ति के प्रति एक गलत धारणा बन जायेगी। यदि जगह छोटी हो तो आधार को हम छोटा कर सकते हैं।

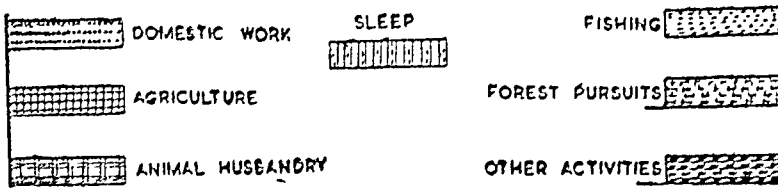
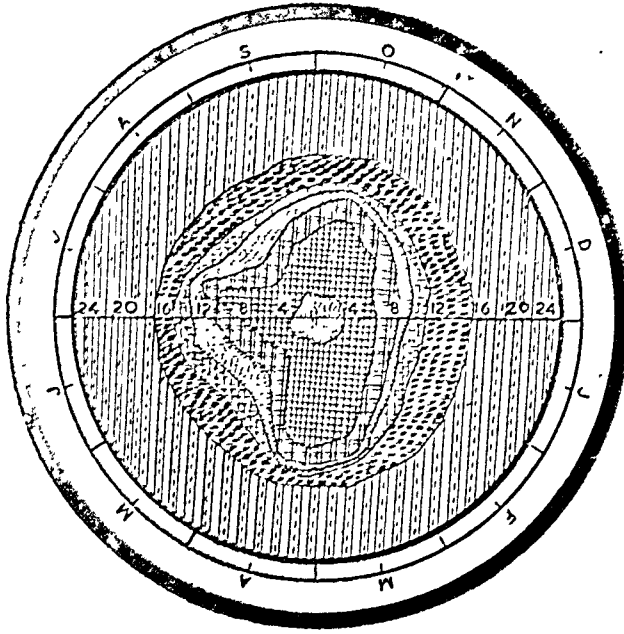
(२) ग्राफ दिखाने वाली वक्र-रेखा को सुडौल कर देना चाहिए।

(३) यदि संख्याये सभी मूल्यों (वस्तुओं का उत्पादन) को दिखाती हैं तो वर्ष एक रेखा के सहारे दिखाए जाते हैं।

चित्र २२४—एक साधारण रेखा चित्र

ऊपर का चित्र एक साधारण रेखा ग्राफ है, क्योंकि यह केवल कानपुर नगर की जनसंख्या वृद्धि को प्रदर्शित करता हैं; किन्तु यदि एक ही ग्राफ पर एक से अधिक तत्वों को दिखाया जाता है तो उन्हें बहुगुणित ग्राफ (Poly or Multiple graph) कहते हैं जैसा कि चित्र नं० २२५ में दिखाया गया। इस चित्र में यह यह दिखाने का प्रयत्न किया गया है कि प्रथम पंचवर्षीय योजना में क्रमागत वर्षों में कितनी सिंचित भूमि तथा खाद्यान्न बढ़ा है

चित्र २२५—बहुगुणित रेखा चित्र

मेखला चित्र (Band graphs):—वास्तव में मेखला चित्र एक रेखा ग्राफ है जो उसके अवयवों को प्रदर्शित करने के लिए कई उपविभागो में बंटा होता है, फलतः उसमें कई मेखलाये (Bands) होती हैं जो उपविभागों द्वारा

चित्र २२६

बनी होती हैं तथा विभिन्न हल्के रंगों से रंगी रहती हैं जैसा कि चित्र नं० २२६ मे दिखाया गया है। यदि अवयवों में परिवर्तन अधिक अपसृत (Divergent) नही है तो मेखला ग्राफ उनकी प्रवृत्तियों के सम्बन्ध मे एक अच्छा प्रभाव डालेगा, लेकिन यदि उनके घटाव-बढ़ाव मे अधिक अन्तर है तो उसकी सुपाठ्यता नष्ट हो जाती है। इस परिस्थिति में अलग अलग रेखा ग्राफ बनाना अच्छा रहता है।

कार्यक्रम चित्र (Ergographs) :—जैसा कि ए० गेडिस (A. Geddes) ने प्रतिपादित किया है तथा ए० सी० ओगिल्वे (A. C. Ogilvie) ने प्रयुक्त किया है, अर्गोग्राफ वर्ष के विभिन्न समयों में किए हुए कार्य के परिणाम का एक दिलचस्प रचनात्मक प्रदर्शन है[1]। मौसमीय कार्यों के निरन्तर क्रम (rhythm) को दिखाने के लिए वृत्ताकार ग्राफ पर यह ठीक ढंग से प्रदर्शित किया जा सकता है। दिया हुआ नीचे का अर्गोग्राफ थारू (Tharus) लोगों के एक अध्ययन[2] पर आधारित है। यह प्रत्येक पखवाड़े के औसतन कार्यक्रम को प्रदर्शित करता है।

चित्र २२७—थारुओं का कार्यक्रम चित्र

दंड-रेखा चित्र (Bar graphs) :—जब ऐसी संख्यायें दी हुई हों जिनमें समय नहीं बदलता, वरन् उत्पादन का क्षेत्र (देश) बदलता है, उस समय दंड-रेखा चित्रों का प्रयोग किया जाता है। देश पड़ी हुई रेखा के सहारे प्रदर्शित किए जाते हैं तथा उत्पादन खड़ी रेखा के सहारे खड़े दण्डों द्वारा। देशों को खड़ी रेखा के सहारे तथा उत्पादन की संख्याओं को पड़ी रेखा के सहारे भी दिखाया जा सकता है। इस दशा में दण्डे रहेंगी। दण्ड खींचते समय सबसे अधिक संख्या की दण्ड सर्वप्रथम, उससे कम संख्या की दण्ड उसके बाद, इसप्रकार संख्याओं के मान के अनुसार दण्डे खींचना चाहिए। निम्न तालिका द्वारा विश्व के तांबा पैदा करने वाले मुख्य देशों के १९४७ में उत्पादित तांबे के उत्पादन को प्रदर्शित किया गया है।

---

1. Op. Cit, Monkhouse and Wilkinson, Maps and Diagrams, p. 204.
2. Singh, L. R. "The Tharus ; A Study in Human Ecology", The National Geog. Journal of India, Vol II. Pt. 3, Sep. 1956, p. 157.

१९४७ में ताँबे का उत्पादन (२००० पौंड के टनों में)

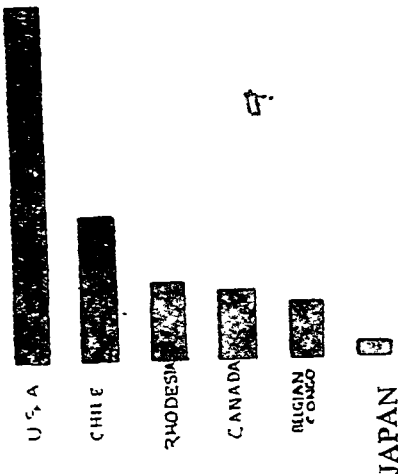
	टन	पूर्णांक	मान के अनुसार क्रम
संयुक्तराज्य अमेरिका	१,०७३,०००	१,०७०,०००	(१)
कनाडा	१९९,०००	२००,०००	(४)
रोडेशिया	२१८,०००	२२०,०००	(३)
बेलजियन कांगो	१६६,०००	१७०,०००	(५)
चिली	४५०,०००	४५०,०००	(२)
जापान	४१,०००	४०,०००	(६)

यदि हम खड़ा मापक १" = ६००,००० टन लें तो विभिन्न दण्डों की लम्बाई निम्न होगी :—

संयुक्तराज्य अमेरिका	१·८"	कनाडा	·३३"
चिली	·९"	बेल० कांगो	·३"
रोडेशिया	·३६"	जापान	·०६"

ये दण्ड संलग्न चित्र जैसे खींचे जायेंगे।

चित्र २२८—अर्गलाग्राफ

यौगिक दंड-रेखा चित्र (Compound Bars)—जब दण्डों द्वारा एक ही प्रकार की वस्तु दिखाई जाँय तब उन्हें साधारण दण्ड कहते हैं जैसा कि ऊपर के उदाहरण से स्पष्ट है। परन्तु, जब वे कई चीजें दिखाती हैं, तब उन्हें यौगिक दण्ड-रेखा चित्र कहते हैं। नीचे चार साधनों से १९४८-४९ में आय दी हुई है : राजकीय, स्थानीय शासन, शुल्क तथा उपात्त धन (Govt., Local Bodies, Fees and endowments)। ये सब यौगिक दण्डों द्वारा दिखाये गये हैं और भिन्न भिन्न भागों को एक दूसरे से पृथक करने के लिए भिन्न चिन्हों का प्रयोग किया गया है। भारत के प्रदेश पड़ी हुई रेखा के सहारे दिखाए गए हैं और आय खड़ी रेखा के सहारे।

प्रदेश	राजकीय धन	स्थानीय शासन धन	शुल्क	उपात्त धन
आसाम	,७५,३३,०८८	१२,५२,४०९	२९,७२,७०९	१५,८८,९७५
पश्चिमी बंगाल	२,६७,०२,५२२	६४,४५,५८०	२,७९,३३,६९७	९०,९९,२५७
बिहार	१,२६,२०,४१४	१,४०,२१,११४	१,२०,८७,०४६	७०,९७,४६१
उत्तर प्रदेश	५,५०,०४,९८६	१,१३,४३,२६३	२,९२,४५,२१७	१,८९,८७,६६४

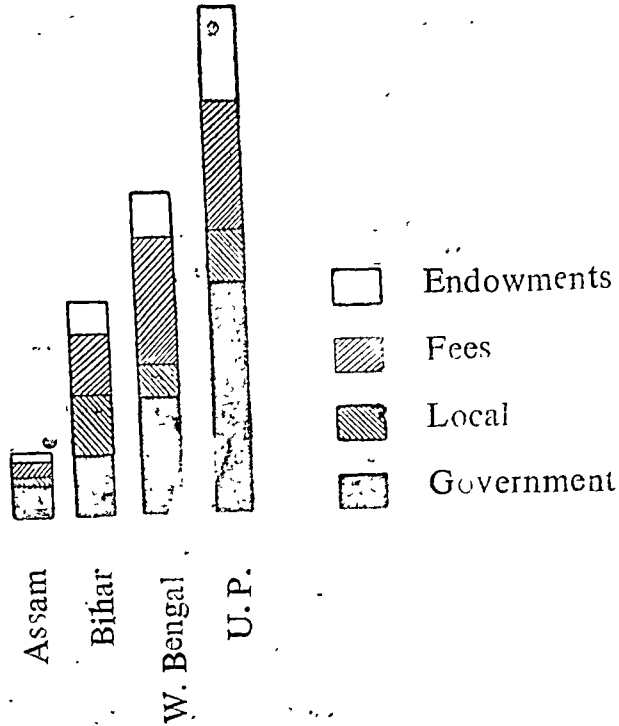
इनका क्रमश योग है :—

आसाम	१,३३,४७,३८१
पं० बंगाल	७,०१,८१,०७७
बिहार	४,५८,२६,०३५
उ० प्र०	११,००,८१,१४९

इन संख्याओं को इस प्रकार पूर्णांक कीजिए कि ये १० या १०० या १००० या १००,००० की घात के रूप में आ जायें। वे इस प्रकार होंगी।

(पूर्णांक लाखों मे)

प्रदेश	राजकीय धन	स्थानीय शासन धन	शुल्क	उपात्त धन	योग
आसाम	७५ (·२५")	१३ (·०४")	३० (·१")	१६ (·०५")	१३४ (·४५")
पं० बंगाल	२६७ (·८९")	६४ (·२१०")	२७९ (·९३")	९१ (·३०")	७०२ (·२·३४")
बिहार	१२६ (·४२")	१४० (·४७")	१२१ (·४०")	७१ (·२४")	४५८ (१·५३")
उत्तर प्रदेश	५०५ (१·६८")	११३ (·३८")	२९२ (·९७")	१२० (·४०")	११०० (३·७")

इसके लिए हमें एक रेखा के सहारे मापक मानना होगा। यहाँ संख्यायें १३४ से ११०० तक घटती बढ़ती है। अतः मापक मानने में कुछ कठिनाई पड़ती है। यदि हमारे पास सीमित स्थान हो तो १" = ३०० लाख का मापक ठीक रहेगा। दण्ड के सहारे प्रत्येक संख्या की दूरी जैसा कि ऊपर के कोष्टों के भीतर दिखाई गयी हैं, ज्ञात की जा सकती है।

चित्र २२९—यौगिक दण्ड-रेखा चित्र

द्वि-विस्तारीय अथवा क्षेत्रफलीय चित्र (Two Dimensional or Areal Diagrams):—वितरण के रचनात्मक प्रदर्शन के लिए भूमिति की कुछ आकृतियों का भी उपयोग किया जा सकता है। ये आकृतियाँ आयत, वर्ग, तथा वृत्त हैं। ये सभी द्विविस्तारीय संख्याएँ हैं अर्थात ये क्षेत्र को घेरती हैं। इनमें से आयत द्वारा प्रदर्शन बहुत आसान है और दण्डों के सदृश ही है। वर्ग तथा वृत्त पहिले क्रमश: भुजा और त्रिज्या की गणना करके खींचे जाते हैं। इनका अर्थ यह है कि पहिले संख्याओं का वर्गमूल निकाला जाता है और उस वर्गमूल संख्या को भुजा या त्रिज्या मानकर क्रमश: वर्ग तथा वृत्त खींचे जाते हैं। इस प्रकार की सभी अवस्थाओं में पहिले संख्यायें पूर्णांक बना ली जाती है और अब उनका वर्गमूल निकाला जाता है।

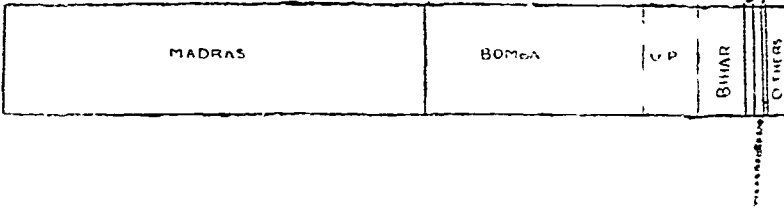
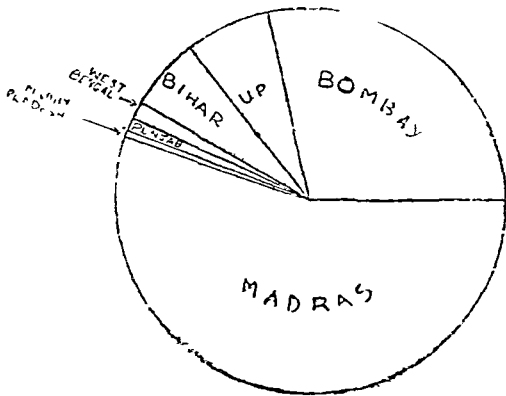
वर्ग और आयतों में विभिन्न वस्तुओं के लिए क्षेत्र बाँटने में आसानी पड़ती है। यदि हमें भारत के विभिन्न प्रान्तों में चीनी के उत्पादन को दिखाना है तो हम एक लम्ब आयत के द्वारा जिसकी लम्बाई उत्पादन के अनुसार बाँटी गई हो।

चक्रचित्र (Wheel Diagram):—ये चित्र अथवा ग्राफ वृत्तों द्वारा प्रदर्शित किए जाते हैं। इनमें क्षेत्रफल का विभाजन अंशों के अनुसार होता है। पूरी संख्या के लिए ३६०° मान लिए हैं और विभिन्न संख्याओं के लिए गणना से अंश निकालकर एक वृत्त को बाँट दिया जाता है।

उदाहरण:—

भारत में तम्बाकू का क्षेत्र (१९४८–४९)

प्रदेश	एकड़	एकड़ (पूण क)	प्रतिशत (लगभग)	अंश
मद्रास	३०४,१८५	३०४,०००	५३	१९१
बम्बई	१६५,९५१	१६६,०००	२९	१०४
उ० प्र०	४०,३८७	४०,०००	७	२६
बिहार	३५,१५५	३५,०००	६	२२
पंजाब	६,१२९	६,०००	१·३	४·५
पं बंगाल	५,८३३	६,०००	१·३	४·५
मध्य प्रदेश	२,४७५	२,०००	·५	१·५
भारत	५७२,९२३	५७३,०००	१००	३६०

यदि उपर्युक्त तालिका को आयत द्वारा प्रदर्शित करना हो, तो लम्बाई के सहारे १" = १४०,००० मानकर विभिन्न प्रदेशों की लम्बाई निकाल कर किनारे के चित्र के समान दिखायेंगे।

चित्र २३०—भारत मे तम्बाकू की उपज का वितरण

चित्र २३०—चक्र चित्र

यदि ऊपर की तालिका को वृत्त द्वारा प्रदर्शित करना है, तो सुविधानुसार कोई त्रिज्या लिया जा सकता है और गणना द्वारा प्राप्त ऊपर के अंशों मे विभाजित किया जा सकता है।

यदि उत्पादनों को एक वृत्त के विभाजन द्वारा न दिखाकर, कई वृत्तों द्वारा तुलना करना है तो हमे इन सभी वृत्तों की त्रिज्याओं की गणना करनी होगी ; त्रिज्याओं को ज्ञात करने के लिए सबसे आसान विधि यह है कि हम एक पूर्णांक संख्या चुने और उसके लिए एक त्रिज्या मान ले। तब अन्य वृत्तों की त्रिज्याओं को इस वृत्त के संबंध से ज्ञात कर सकते है। इस वृत्त की त्रिज्या को प्रदर्शित करने के लिए कोई पूर्णांक संख्या चुनना ठीक रहेगा।

मान लीजिये कि सबसे छोटी संख्या (२०००) ·१" त्रिज्या वाले वृत्त से दिखाई गई है। दूसरी संख्याओं में २००० से भाग दीजिए और उनका वर्गमूल निकालिए। अन्य त्रिज्याओं को पाने के लिए वर्गमूल को ·१" से गुणा कीजिए।

सूत्र इस प्रकार है:—

$$\text{मानी हुई त्रिज्या} \times \sqrt{\frac{\text{कोई संख्या}}{\text{चुनी हुई संख्या}}}$$

$$\cdot१'' \times \sqrt{\frac{६०००}{२०००}} = \cdot१ \times १\cdot७३२ = \cdot१७''$$

$$\cdot१'' \times \sqrt{\frac{३५,०००}{२०००}} = \cdot१ \times ४\cdot१ = \cdot४१''$$

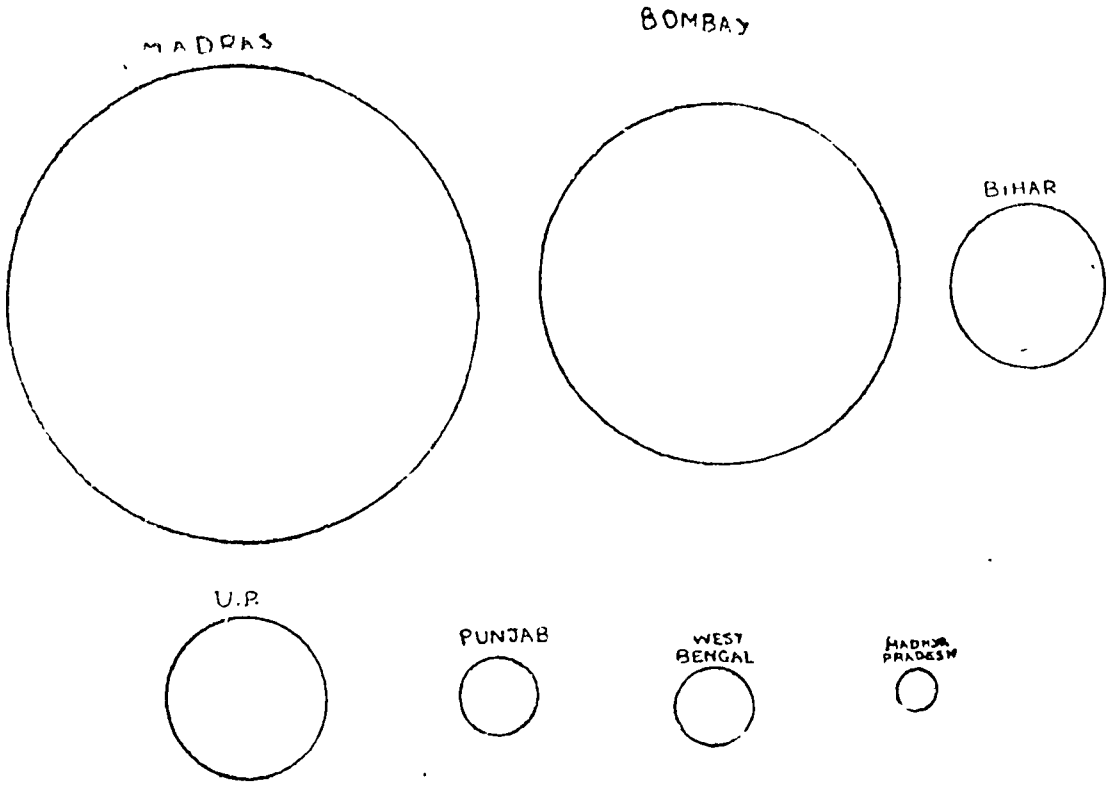
$$\cdot१'' \times \sqrt{\frac{४०,०००}{२,०००}} = \cdot१ \times ४\cdot४ = \cdot४४''$$

$$\cdot१'' \times \sqrt{\frac{१६६,०००}{२०००}} = \cdot१ \times ९\cdot१ = \cdot९१''$$

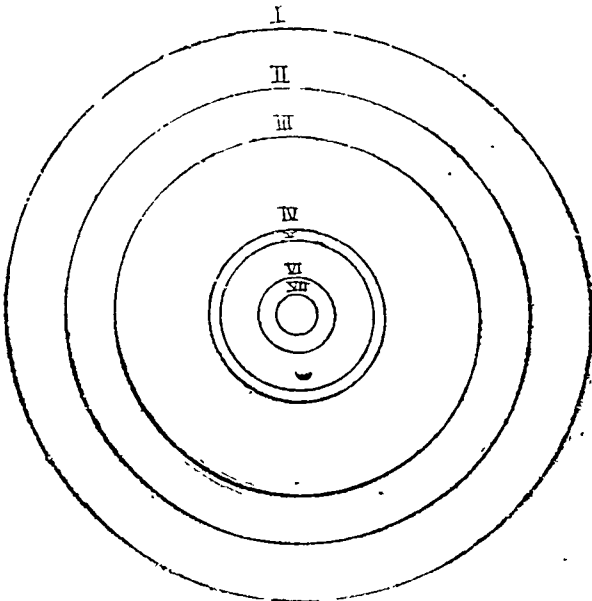
$$\cdot१'' \times \sqrt{\frac{३०४,०००}{२०००}} = \cdot१ \times १२\cdot३ = १\cdot२३''$$

$$\cdot१'' \times \sqrt{\frac{५७३,०००}{००००}} = \cdot१ \times १७\cdot० = १\cdot७०''$$

MADRAS BOMBAY BIHAR

U.P. PUNJAB WEST BENGAL MADHYA PRADESH

चित्र २३२—वृत्तों द्वारा तुलना

मुद्रिका चित्र (Ring Diagram)

यदि वृत्तों को अलग अलग दिखाने के वदले एक ही केन्द्र से कई वृत्त खींचे जायें तो वे एक रिंग (Ring) बना लेते हैं। यह चित्र 'रिंग चित्र' कहलाता है जैसा कि संलग्न चित्र में दिखाया गया है।

I भारत
II मद्रास
III वम्वई
IV उ० प्र०
V विहार
VI पंजाव तथा प० वंगाल
VII मध्य प्रदेश

चित्र २३३—भारत में तम्वाकू की पैदावार को दिखाने वाला 'मुद्रिका चित्र'

त्रिविस्तारीय या घनफलीय चित्र
(Three Dimensional Graph)

यदि दी हुई संख्यायें आकार में बहुत बड़ी हैं तो उनका क्षेत्रफल सम्बन्धी चित्र बहुत स्थान घेरेगा। इस दशा में त्रिविस्तारीय चित्रों का प्रयोग किया जा सकता है। दी हुई संख्याओं के प्रदर्शन के लिए गोलों (spheres), बेलनों (cylinders), घनों (cubes) तथा आयताकार ठोसों के चित्र खींचे जाते हैं क्योंकि इनसे कम जगह घिरती है। यदि दी हुई संख्याओं में काफी अन्तर है ताकि चित्र बहुत छोटे तथा बहुत बड़े हो जाते हैं, तब भी प्रदर्शन के लिए ये ठोस आकारों के चित्र उपयुक्त हैं। ये ठोस-चित्र प्रदर्शन के लिए बहुत सुविधा प्रदान करते हैं लेकिन इनका खींचना क्षेत्रीय चित्रों की तरह आसान नहीं है। प्रदर्शन-कार्य के लिए प्रायः गोलों का प्रयोग किया जाता है और दी हुई संख्याओं का घनमूल निकाला जाता है। दो संख्याओं के घनमूल का लम्बन्ध वही होता है जो उनकी त्रिज्याओं में होता है। मान लीजिए कि ऊपर दी हुई तम्बाकू के पैदावार की क्षेत्र तालिका को गोला चित्र द्वारा दिखाना है और २००० एकड़ क्षेत्र ·१" त्रिज्या वाले गोला (sphere) से प्रदर्शित किया जाता है तो अन्य गोलों की त्रिज्यायें निम्न होंगी :—

∵ २००० एकड़ ·१" त्रिज्या वाले गोले से दिखाया जाता है।

$$\therefore \text{६०००} \;,, \; \cdot\text{१} \times \sqrt[3]{\frac{\text{६०००}}{\text{२०००}}} = \cdot\text{१}'' \times \sqrt[3]{\text{३}}$$

$$= \cdot\text{१}'' \times \text{१}\cdot\text{४४} = \cdot\text{१४}''$$

$$\text{३५००० एकड़ के लिए गोले की त्रिज्या} = \cdot\text{१}'' \times \sqrt[3]{\frac{\text{३५०००}}{\text{२०००}}} = \cdot\text{१}'' \times \text{२}\cdot\text{५९६}$$

$$= \cdot\text{२६}''$$

$$\text{४००००} \;,, \;\;,, \;\;,, = \cdot\text{१}'' \times \sqrt[3]{\frac{\text{४००००}}{\text{२०००}}} = \cdot\text{१}'' \times \text{२}\cdot\text{७१}$$

$$= \cdot\text{२७}''$$

$$\text{१६६०००} \;,, \;\;,, \;\;,, = \cdot\text{१}'' \times \sqrt[3]{\frac{\text{१६६०००}}{\text{२०००}}} = \cdot\text{१}'' \times \text{४}\cdot\text{३६}$$

$$= \cdot\text{४३}''$$

$$\text{३०४०००} \;,, \;\;,, \;\;,, = \cdot\text{१}'' \times \sqrt[3]{\frac{\text{३०४०००}}{\text{२०००}}} = \cdot\text{१}'' \times \text{५}\cdot\text{४५}$$

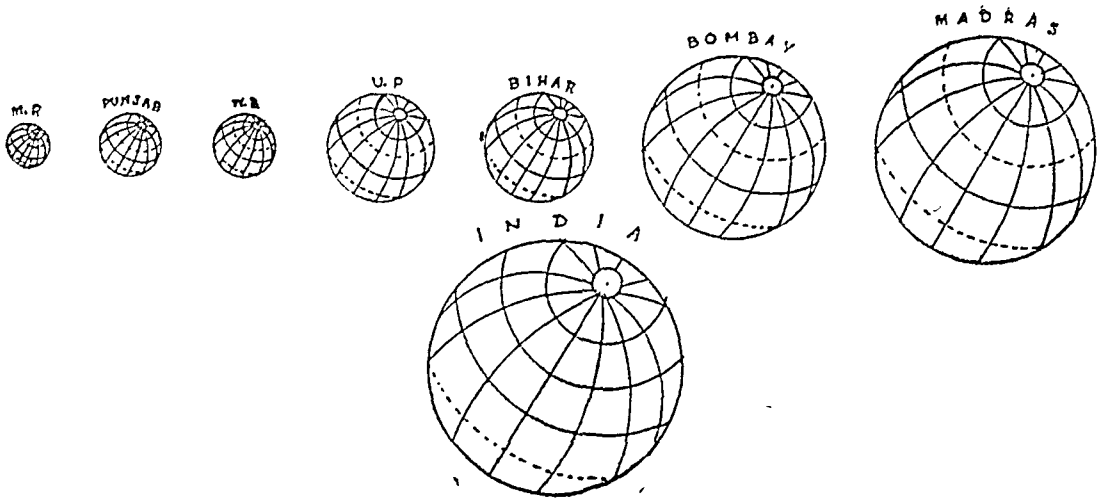
$$= \cdot\text{५४}''$$

$$\text{५७३०००} \;,, \;\;,, \;\;,, = \cdot\text{१}'' \times \sqrt[3]{\frac{\text{५७३०००}}{\text{२०००}}} = \cdot\text{१}'' \times \text{६}\cdot\text{५९}$$

$$= \cdot\text{६६}''$$

इन गोलों (spheres) की तुलना ऊपर खींचे वृत्तों (circles) से की जा सकती है। यह स्पष्ट है कि ये कम जगह घेरते हैं। इसके अतिरिक्त संख्याओं के बदलने पर वृत्तों के आकार की अपेक्षा गोलों के आकार में कम परिवर्तन होता है। गोलों द्वारा प्रदर्शन में सुविधा यह है कि संख्याओं में काफी अन्तर होने पर भी वे आसानी से चित्रित किए जा सकते हैं।

घन-राशि-विधि (Block Pile System)

गोलों (spheres) के बदले में हम घनों (cubes) का भी उपयोग कर सकते हैं। यद्यपि इस विधि में भी घनमूल निकाला जाता है किन्तु इनका खींचना आसान होता है। एक छोटे घन को नाप की इकाई रूप में लेकर घनमूल की जटिल गणना को दूर किया जा सकता है। एक निश्चित संख्या को प्रदर्शित करने के लिए एक छोटा घन लिया जा सकता है और दी हुई संख्या को छोटे घन द्वारा प्रदर्शित संख्या से भाग देकर घनों की संख्या आसानी से ज्ञात की जा सकती है। इस प्रकार गुरु यह हुआ :—

चित्र २३४—गोलों द्वारा तुलना

घनराशि मे घनों की संख्या $= \frac{\text{दी हुई संख्या}}{\text{चुनी हुई संख्ता}}$। यदि छोटे घनों की एक विशाल संख्या एक ही स्थान पर इकट्ठा की जाय तो यह विधि 'घनराशि विधि' (Block Pile System) कही जाती है। यहाँ चित्रों की तुलना आसानी से की जा सकती है और वे सुविधा से बाँटे जा सकते हैं। इनके गिनने में बहुत आसानी पड़ती है तथा स्वयं भी दृष्टिगत बोध होता है। इस विधि में तीनों विस्तारों—लम्बाई, चौड़ाई तथा ऊँचाई—को बाँटा जा सकता है। केवल स्मरणीय बात यह है कि उनके विभाजित भाग दृश्य मुख (Foreground) में होने चाहिए ताकि आसानी से देखकर भेद मालूम किया जा सके।

सावधानी

(१) घन-राशि के दाहिनी ओर का भाग छाया द्वारा दिखाया जाता है।

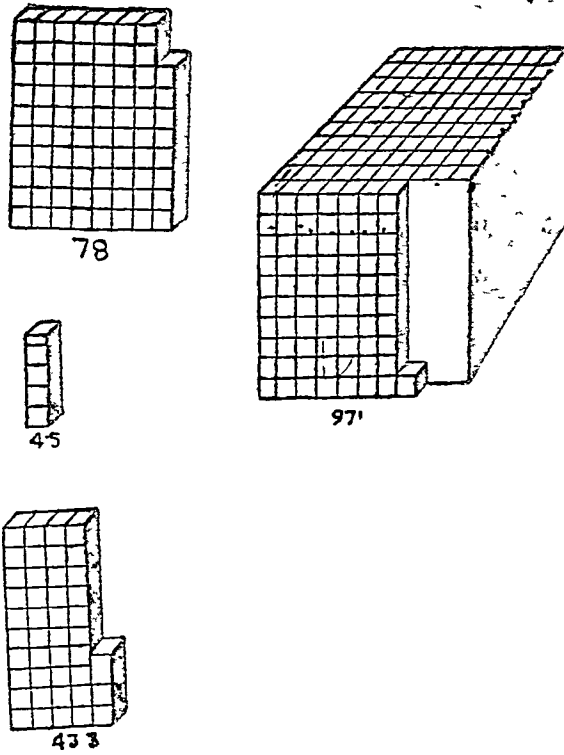
(२) सामने के भाग की अपेक्षा पीछे का भाग छोटा होता है।

(३) राशि के आगे का भाग विस्तृत होता है ताकि उसके भाग ठीक से दिखाई दे सकें तथा आसानी से गिना जा सके।

(४) राशियाँ पाँच या दस (Columns) में खींची जाती हैं।

उदाहरण :

निम्न तालिका द्वारा सन् १९४९-५० में वस्त्र उद्योग मे प्रयुक्त रूई की गाँठें दिखाई गई हैं। इन्हें घन राशि-विधि (Block Pile System) द्वारा प्रदर्शित कीजिए।

प्रदेश	प्रयुक्त गाँठें	मापक पर घनों की संख्या (१ घन, २००० गाँठें प्रदर्शित करता है)
बम्बई	१९,४२,०००	९७१
राजस्थान तथा अजमेर	८७,०००	४३·५
मध्य प्रदेश	१,५६,०००	७८
बिहार तथा उड़ीसा	९,०००	४·५

चित्र २३५—घन राशि विधि

चित्रात्मक चित्र (Pictorial graphs or Pictograms) :—ये ग्राफ साधारण व्यक्ति के लिए बड़े उपयोगी होते हैं। ये तालिका को चित्रों मे प्रदर्शित करते हैं अत: बड़ी आसानी से समझ में आ जाते है और पाठकों पर प्रत्यक्ष प्रभाव डालते है। अनेक आधुनिक पत्रिकाओं मे ये प्राय: प्रयोग किए जाते हैं। मान लीजिए कि हमें भारत के विभिन्न प्रान्तों में प्राइवेट मोटरकारों के प्रयोग को दिखाना है। हम मान लेंगे कि चित्र में एक मोटरकार २००० मोटरकारों को दिखाती है और फिर उचित संख्या में मोटरकारों के चित्र बनायेंगे जैसा कि नीचे दिखाया गया है। इस प्रकार प्रदर्शित वस्तुओं के प्रतीक चित्र प्रयोग किए जाते हैं। किन्तु इस प्रकार के चित्र रचना सम्बन्धी प्रदर्शन में मुख्य कठिनाई यह है कि ये प्रतीक-चित्र सुविधा से बाँटे नहीं जा सकते जिससे कि यदि ३०० मोटरकार दिखाना है तो एक कार का ३/२० नहीं खींचा जा सकेगा और यह कोई निश्चित निर्णय नही हो सकता।

प्रदेश	प्राइवेट कारों की संख्या	पूर्णांक	प्रतीकों की संख्या (१ प्रतीक = २००० कार)
आसाम	४,१७५	४,२००	२·१
बिहार	७,२९९	७,३००	३·६५
बम्बई	२७,३४४	२७,३००	१३·६५
मध्य प्रदेश	४,२०४	४,०००	२·००
मद्रास	१७,४००	१७,४००	८·७०
उड़ीसा	१,४८२	१,५००	·७५
पंजाब	२,५९३	२,६००	१·३
उत्तर-प्रदेश	११,२४२	११,२००	५·७५
प० बंगाल	२६,७८६	२६,८००	१३·४

चित्र २३९–बम्बई मे प्राइवेट कारों का सचित्र ग्राफ

इसी प्रकार दूसरी वस्तुएँ भी प्रतीकात्मक चित्रों द्वारा प्रदर्शित की जा सकती हैं। रूई की पैदावार गाँठ का चित्र खीच कर भी दिखाई जा सकती है। टेलीफोन स्थापन को टेलीफोन के यंत्रों द्वारा दिखाया जा सकता है।

वितरण मानचित्र

(Distribution Maps)

(अ) लाक्षणिक वितरण मानचित्र (Non-Quantitative Areal Maps):—कुछ वितरण मानचित्रों मे वस्तु के परिमाण को न दिखाकर उसके पैदा होने वाले क्षेत्रीय विस्तार को दिखाया जाता है। उदाहरणीर्थ, यदि ससार मे गेहूँ पैदा करने वाले प्रदेशों को दिखाना है तो गेहूँ उत्पादक क्षेत्रों को मानचित्र पर चिन्हित कर दिया जाएगा। ऐसे साधारण मानचित्र में कुछ क्षेत्रफल हो सकता है जहां अन्य क्षेत्रों की अपेक्षा कम गेहूँ पैदा होता हो अथवा प्रति एकड़ एक से दूसरे स्थान की ऊपज में अन्तर हो। अतः हम वितरण के घनत्व को छोड़ देते है और क्षेत्रफल सम्बन्धी वितरण पर जोर देते है। इस प्रकार का साधारण मानचित्र केवल रंगों द्वारा क्षेत्र विशेष को रंगकर बनाया जाता है। चूँकि मानचित्र मे केवल क्षेत्रफल रंगा जाता है अथवा छाया द्वारा दिखाया जाता है अतः इस मानचित्र को रंजित मानचित्र (Chorochromative Map) कहते हैं। अमेरिका में इसे रंगित-भूभाग मानचित्र (Colour-patch Map) कहते हैं। यदि उपज के कई पक्षों का चित्रण करना है तो कई रंगों का प्रयोग करते है। इस दशा में रंगों का प्रयोग एक निश्चित विन्यास (Definite arrangement) से किया जाता है। अधिकांश लघु मापक मानचित्रों मे जहाँ उभार और उच्च स्थानों को दिखाना होता है वहाँ रंग एक नियोजित ढंग से प्रयोग किए जाते हैं—नीची जमीन के लिए हरा रंग; ऊँची भूमि या पठार के लिए भूरा अथवा पीला रंग; पहाड़ी क्षेत्र के लिए गहरा भूरा रंग, आदि आदि। रंगों या छायाओं के लिए स्थान पर यदि प्रतीकात्मक अक्षर प्रयुक्त किए जाते हैं तो उन्हें 'कोरोस्कीमेटिक' (Choroschematic) या अक्षर पूर्ण मानचित्र कहते हैं। कुछ प्रतीकात्मक अक्षर हैं : गे (गेहूँ), चा (चावल), म (मक्का), और क (कपास) आदि। इन अक्षरों का प्रयोग अभी परम्परा द्वारा निश्चित नहीं हुआ है, चित्र खींचने वाला अपनी इच्छानुसार अक्षरों का प्रयोग कर सकता है।

(ब) परिमाणिक वितरण मानचित्र (Quantitative Areal Maps):—इन मानचित्रों में केवल क्षेत्रफल सम्बन्धी वितरण ही नहीं दिखाया जाता है बल्कि वितरण का घनत्व (Density) भी दिखाया जाता है। प्रदर्शित वस्तुओं के घनत्व के अनुसार सभी वितरणों में बहुत विभिन्ना हो जाती है। इस प्रकार के वितरण प्रदर्शित करने वाले भौगोलिक चित्रों में यह विभिन्नता स्पष्ट रूप से दिखाना चाहिए।

सममाप-रेखा मानचित्र (Isopleth Maps)

मानचित्रों में वितरण दिखाने के लिए प्रचलित विधि सममाप रेखाओं (Isopleth) द्वारा है। घनत्व की एक ही नाप दिखाने वाली रेखाओं को सममाप रेखायें कहते हैं[१]। भूगोल के विद्यार्थी के लिए इन रेखाओं का बहुत महत्व है, क्योंकि ये रेखायें घनत्व के प्रदेशों को स्पष्ट कर देती हैं। उदाहरण के लिए वर्षा का वितरण लीजिए सममाप रेखाये एक ओर अधिक वर्षा वाले क्षेत्र को और दूसरी ओर कम वर्षा वाले क्षेत्र को दिखायेगी। ऐसे प्रदेशों मे आबादी पर वर्षा के प्रभाव का विशष अध्ययन होना चाहिए क्योंकि ऐसे भूभागों में मनुष्य और उसके वातारण

१. भिन्न भिन्न वस्तुओं की नाप दिखाने के लिए सममाप रेखाओं के भिन्न भिन्न नाम है। बराबर ऊँचाई दिखाने के लिए सम्मोच्च रेखा, बराबर तापक्रम दिखाने के लिए समताप रेखा, बराबर भार दिखाने के लिए समभार रेखा, बराबर वर्षा दिखाने के लिए समवृष्टि रेखा इत्यादि।

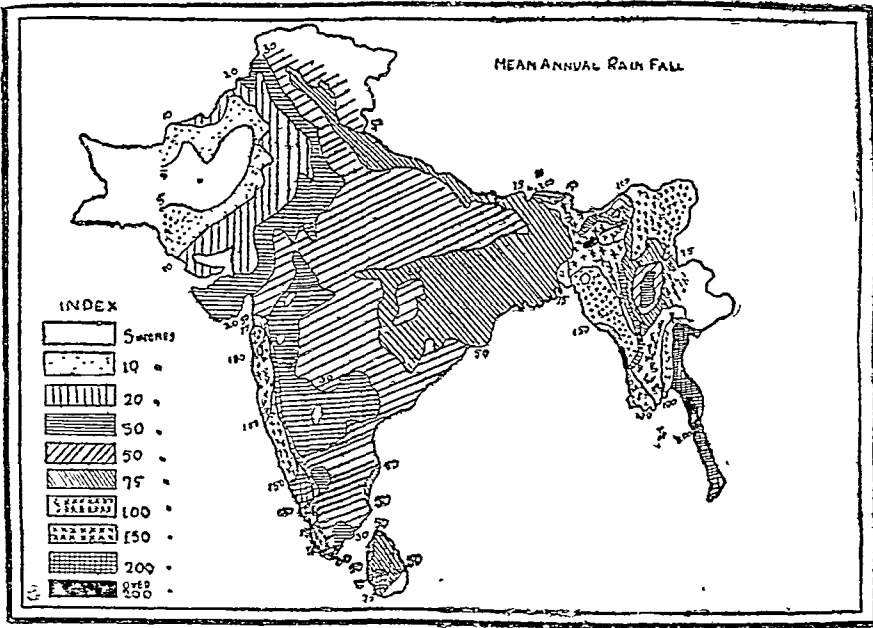
के बीच अधिक स्पष्ट रूप से सन्तुलन लाया जा सकता है। भूगोल में सममाप रेखायें किसी भूभाग की पोषण-शक्ति की कहानी को कहते हैं। यह परिमाणात्मक वितरण है जो अधिक महत्वपूर्ण है। क्षेत्रफल का स्थान गौण है और यह परिणाम द्वारा ही निश्चित किया जाता है।

विशेषताएँ

(१) सभी सममाप रेखायें शून्य से ऊपर की ओर गिनी जाती हैं।

(२) सममाप रेखायें जितनी पास होती हैं, घनत्व का परिमाण उतनी ही जल्दी बदलता है, और जितनी दूर होती है उतनी ही देर से।

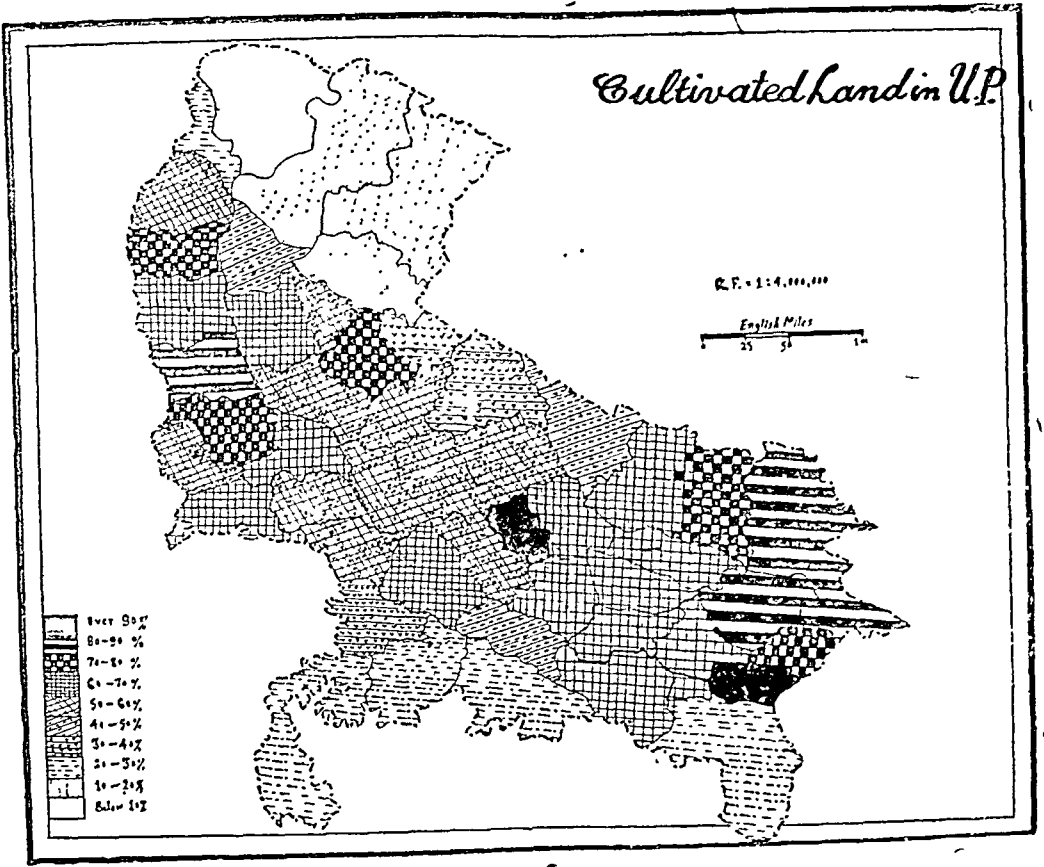
(३) सममाप रेखाये एक निश्चित अन्तर पर खीची जाती है जो मानचित्र की शृङ्खला तथा मापक पर निर्भर करता है।

(४) इस प्रकार की रेखाओं के खीचने के पहिले पूर्ण जानकारी होनी आवश्यक है।

चित्र २३७—भारत, पाकिस्तान, व्रह्मा तथा श्रीलंका की वर्षा का वितरण सममाप रेखाओं द्वारा

कोरेप्लेथ मानचित्र (Choropleth Maps)

जव वितरण प्रशासकीय इकाइयों के रूप में दिखाया जाय तो उस मानचित्र को कोरोप्लेथ मानचित्र (Choropleth map) कहते हैं। उदाहरण के लिए, उत्तर प्रदेश में चावल पैदा होने वाले भूभाग का वितरण दिखाना है। यह वितरण विभिन्न जिलों तथा तहसीलों के लिए प्राप्त है। विभिन्न जिलों के लिए भिन्न भिन्न रंगों अथवा चिन्हों के प्रयोग द्वारा यह वितरण दिखाया जा सकता है।

सममाप-क्षेत्र मानचित्र में क्षेत्रफल का अधिक महत्व है, परिमाण का कम। इसमें प्रशासकीय इकाई ही प्रदर्शन का मुख्य आधार होती है।

कोरोप्लेथ मानचित्र एक अभौगोलिक प्रदर्शन है, क्योंकि इसमें घनत्व सम्वन्धी परिवर्तन राजनैतिक सीमाओं के अनुसार होते हैं जो कि वहुत कम होता है। इसमें वस्तु विशेष के वितरण पर वातावरण के प्रभाव को छोड़ दिया जाता है और विशेष जोर भौगोलिक भूभाग पर न देकर राजनैतिक इकाई पर दिया जाता है। चित्र २३८ जिसमें उत्तर प्रदेश के खेती योग्य जोत भूमि को दिखाया गया है इसका एक अच्छा उदाहरण है।

चित्र २३८—उत्तर प्रदेश में कृष्य भूमि

विन्दु विधि (Dot Method)

मानचित्रों पर पूर्ण परिमाणों अथवा संख्याओं को प्रदर्शित करने की यह सबसे सुविधाजनक विधि है। एक विन्दु का मूल्य मान लिया जाता है और किसी क्षेत्रफल में माने हुए मूल्य के अनुसार विन्दुओं की संख्या ज्ञात कर ली जाती है और फिर विन्दु रख दिए जाते हैं। यह विधि केवल इसीलिए उपयोगी नहीं है कि यह वास्तविक वितरण को नेत्रों के सम्मुख उपस्थित कर देती है वल्कि यह इसलिए भी उपयोगी है कि वितरण के पारस्परिक सम्बन्धों को समझने में भी सहायता देती है।

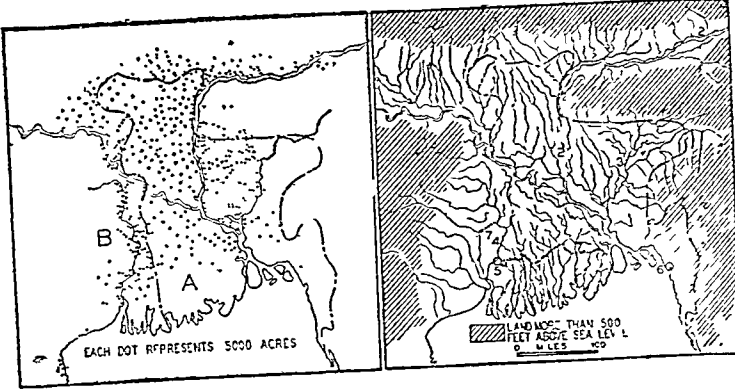
सावधानी—(१) विन्दुओं का मूल्य यह सोच कर मानना चाहिए कि विन्दुओं की संख्या मानचित्र के क्षेत्रफल के हिसाब से न तो बहुत अधिक हों और न बहुत कम।

(२) विन्दु का आकार सदैव एक समान रहना चाहिए।

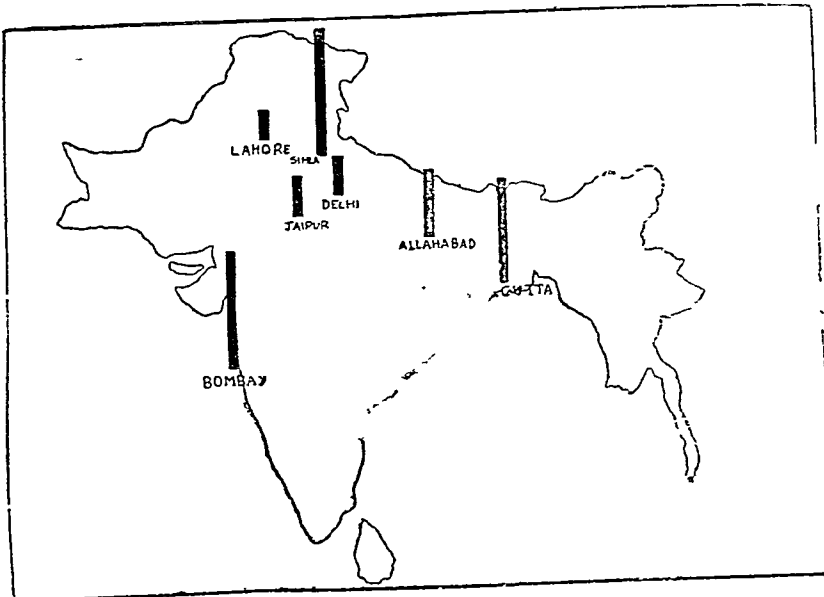
(३) विन्दु का आकार इस प्रकार होना चाहिए कि अधिक घनत्व के क्षेत्र में विन्दु एक दूसरे से मिल न जांय। विन्दु का आकार, घनत्व, मानचित्र के मापक तथा विद्यार्थी के अभ्यास पर निर्भर करता है।

(४) विन्दु रखते समय भौगोलिक अवस्थाओं का सदैव ध्यान रखना चाहिए। जिस स्थान में वह वस्तु न पैदा होती हो उसे उभार, नदियों तथा पेड़ों के चित्र से चिन्हित कर देना चाहिए। यदि नैनीताल के जिले में गन्ने की खेती का वितरण दिखाना है, तो विन्दु पर्वतीय प्रदेश में न होकर मैदानी भाग में होंगे।

विशेषताएँ

(१) विन्दु के मानचित्र खीचने के लिए विवरणो का पूरा पूरा ज्ञान होना चाहिए।
(२) विन्दु मानचित्र अपनी दृष्टिग्यता के कारण सरलता पूर्वक समझ मे आ जाते है।
(३) विन्दु मानचित्र घनत्व की भिन्नता को सही और स्पष्ट रूप मे प्रस्तुत करते है।
(४) विन्दु मानचित्र भौगोलिक भूभागों तथा राजनैतिक सीमाओं मे एक सादृश्य स्थापित करते है।
(५) शैक्षणिक कार्यो के लिए विन्दु मानचित्रों का प्रयोग प्रायः होता है।

चित्र २३९–भारत तथा पू० पाकिस्तान मे जूट उत्पादक क्षेत्र

मानचित्र पर चित्रों का अध्यारोपण
(Superposition of Diagrams over Maps)

हम लोगों ने ऊपर संख्याओं या तालिकाओं के प्रदर्शन की अनेक चित्रात्मक विधियों का विवेचन किया है। इन चित्रात्मक विधियों का प्रयोग मानचित्र को आधार मानकर नहीं किया गया था। वे चित्र स्वतन्त्र रूप से खीचे गए थे। किन्तु वे चित्र बहुधा मानचित्रों के ऊपर भी रखे जा सकते है। विभिन्न नगरों मे वर्षा को दिखाने के लिए नगरों के स्थान को दण्ड (Bars) खीचकर दिखा सकते हैं। इसी प्रकार एशिया मे कोयले का उत्पादन विभिन्न देशों मे तुलनात्मक वृत्त खीचकर दिखाया जा सकता है।

चित्र २४०–अध्यारोपित दण्डों द्वारा वर्षा प्रदर्शन

इस प्रकार का प्रदर्शन तुलनात्मक अध्ययन में योग देता है, और यदि संख्याओं को अधिक घनत्व वाले स्थानों में प्रदर्शित करना होता है तो इस प्रदर्शन विधि का आश्रय लिया जाता है।

जनसंख्या मानचित्र
(Population Maps)

जनसंख्या-मानचित्र भूगोल वेत्ता के लिए बड़े लाभदायक होते हैं क्योंकि समय और स्थान के सम्बन्धों के बीच ये प्राकृतिक, सामाजिक तथा आर्थिक दशाओं की पारस्परिक क्रियाओं को मानचित्र के रूप में प्रस्तुत करते हैं। यह सत्य है कि मनुष्य पर भौगोलिक वातावरण के प्रभाव को ठीक ठीक नहीं नापा जा सकता फिर भी जनसंख्या मानचित्र उनके निरीक्षण के लिए अपेक्षाकृत एक ठीक आधार प्रस्तुत करता है क्योंकि इसका झुकाव सांख्यिक विवरणों की तरफ है। स्वाभाविकतः यह प्रदर्शन का एक अत्यन्त सही रूप है किन्तु इसकी कार्यशीलता तथा विश्वस्तता मानचित्र के मापक जनगणना के संख्याओं की शुद्धता, तथा मानचित्र बनाने वाले की भौगोलिक तथा शिल्प विषयक कुशलता पर निर्भर है।

जनसंख्या-मानचित्रों को दो भागों में बाँट सकते हैं—प्रथम भाग में वे मानचित्र आते हैं जिनमें स्वतन्त्र संख्याओं का उपयोग होता है और दूसरे भाग में वे मानचित्र आते हैं जिनमें आपेक्षित संख्याओं (घनत्व) का प्रयोग होता है। प्रथम भाग आदर्श वितरण का एक अधिक वास्तविक चित्र प्रस्तुत करता हैं। इसमें नगर तथा गाँव की आवादी प्रतीकों द्वारा दिखाई जाती है। दूसरे भाग के मानचित्रों में क्षेत्रफल के साथ ही आवादी के सम्बन्ध को भी दिखाया जाता है।

विन्दु मानचित्र

जनसंख्या के वितरण को दिखाने के लिए तीन प्रकार के विन्दु मानचित्र हैं :—

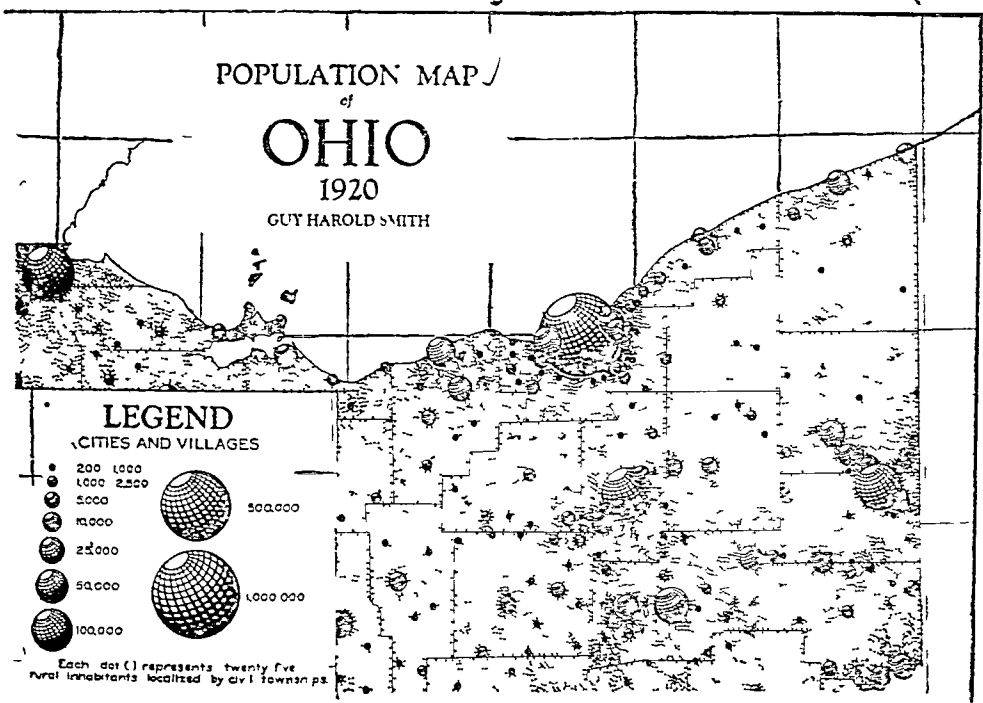
(१) इन तीनों में समरूप विन्दु विधि (Uniform Dot Method) सर्वाधिक प्रचलित है। इसमें आवादी की निरपेक्ष संख्यायें अपने अपने स्थानों पर एक ही आकार के विन्दुओं को स्थापित कर दिखायी जाती है। नगरों तथा गाँवों की घनी आवादी को प्रदर्शित करने के लिए यह विधि अनुपयुक्त है क्योंकि विन्दु एक दूसरे से मिल जाते हैं और उनकी सुपाठ्यता नष्ट हो जाती है। यह विधि विखरे हुए गाँव की आवादी को घनी आवादी के रूप में दिखाकर उन्हें अनुचित महत्व प्रदान करती है। फिर भी नगर मानचित्रों पर आवादी के वितरण को दिखाने के लिए समरूप विन्दु विधि अपनाई जा सकती है।

(२) दूसरी विधि भी विन्दु विधि है किन्तु इसमें विन्दु के साथ ही वड़े वड़े नगर केन्द्रों के लिए एक अन्य प्रतीक चिन्ह भी प्रयोग किया जाता है :—

(क) स्टिलजेनवार की विधि (Stilgenbauer's Method)—इस विधि में वृत्त नगरों की आवादी को तथा विन्दु गाँवों की आवादी को प्रदर्शित करते हैं। यहाँ नगरों की जनसंख्या तथा गाँवों की जनसंख्या अलग अलग ज्ञात होनी चाहिए। इसमें वृत्त ऐसे खींचे जाते हैं कि उनके केन्द्र ठीक नगरों के स्थान पर हों और उन्हें ऐसे ढंग से रंगना चाहिए कि उनके भीतर विन्दु दृष्टव्य हों। वृत्तों के क्षेत्रफल आवादी के समानुपात में होते हैं।

कभी कभी, जब नगर बहुत समीप में बसे होते हैं तो वृत्त एक दूसरे पर चढ़ जा सकते हैं।

वृत्तों को खींचने के लिए वर्गमूल का मापक खींचना सहायक होता हैं। इस मापक से वृत्तों की त्रिज्यायें निश्चित की जा सकती हैं। दूसरी विधि से भी त्रिज्याओं की गणना की जा सकती है। त्रिज्याओं को ज्ञात करने की यह विधि चक्रग्राफ में बताई जा चुकी है।

(ख) स्टेन दे जीयर की विधि (Sten de Geer's Method)—इस विधि में गाँव की आवादी विन्दुओं द्वारा तथा नगर की आवादी गोलों (Spheres) द्वारा दिखाई जाती है। गोले इस प्रकार खींचे जाते हैं कि उनके केन्द्र ठीक नगरों के स्थान पर पड़े। गोलों को आसानी से खींचने के लिए घनमूल मापक खींच लेना चाहिए क्योंकि इससे त्रिज्यायें ज्ञात हो जाती हैं। गोलों द्वारा संख्याओं के प्रदर्शन की जो विधि पहले दी जा चुकी है उसके द्वारा त्रिज्यायें आसानी से ज्ञात की जा सकती है।

चित्र २४१—स्टेन दे जीयर की विधि द्वारा जनसख्या प्रदर्शन

(राविन्सन : "Elements of Cartography" से)

(ग) ग्रैनो की विधि (Grano's Method)—ग्रेनो ने जनसख्या प्रदर्शन के लिए एक अन्य विधि का उपयोग किया । उसने फिनलैंड के मानचित्र मे (१ विन्दु = १०० व्यक्ति; मापक १:१,०००,०००) वर्गों तथा त्रिभुजों के प्रयोग के साथ साधारण विन्दु वितरण को भी सम्मिलित किया। सोडरलग (Soderlung) ने अपने यूरोप के मानचित्र (मापक १ ४,०००,०००; १ विन्दु = ५०००० व्यक्ति) के लिए इसी विधि को अपनाया और टामेकने (Tammekanne) ने भी अपने इस्टोनिया के मानचित्र (मापक १ : २००,०००; १ विन्दु = ५० व्यक्ति) के लिए इसी विधि का उपयोग किया।

(३) वहु विन्दु विधि (The Multiple Dot Method)—धीरे धीरे इस विधि का महत्व वढ रहा है और हमारे राष्ट्रीय एटलस मे इसका विस्तृत प्रयोग किया जा रहा है। इस विधि मे समानुपातिक विन्दुओ का प्रयोग होता है और विन्दु का क्षेत्रफल प्रदर्शित सख्याओं के समनुपात मे होता है । फिर भी इसमे असुविधा यह है कि इसके वनाने मे वहुत श्रम करना पड़ता है और वहुत से विन्दुओं को देखकर हम उनके द्वारा प्रदर्शित संख्या को शीघ्र नही जान सकते ।

अन्य विभिन्न रूप

गोलों के वदले मे घनों तथा घन राशियों का प्रयोग भी नगर की जनसंख्या के प्रदर्शन के लिए किया जा सकता है । घन राशियों (Block Piles) द्वारा प्रदर्शन मे अतिरिक्त सुविधाये हे : उनकी तुलना आसानी से हो सकती है और वे गोलों की अपेक्षा नगर के सम्बन्ध मे अधिक सूचना देते हे ।[1]

वर्ग समूह (Grouped Squares) जटिल जातिगत समूह के प्रदर्शन के लिए सुविधाजनक विधि प्रस्तुत करते हे ।

1. Op. Cit., Raisz, General Cartography, p. 225.

घनत्व मानचित्र (Density Maps)

जैसा कि ऊपर संकेत किया जा चुका है कि घनत्व मानचित्र बिन्दु मानचित्रों से बिल्कुल असमान होते हैं क्योंकि ये स्वतन्त्र मूल्यों को प्रदर्शित न कर संबंधित मूल्यों को प्रदर्शित करते हैं। ये मनुष्य—भूमि के साधारण अनुपात, (जैसे, १०० मनुष्य प्रति वर्ग मील) को प्रदर्शित कर सकते हैं। यदि सम्पूर्ण जनसंख्या का सम्बन्ध सम्पूर्ण भूमि के क्षेत्रफल से दिखाया जाता है तो उसे जनसंख्या का गणित घनत्व कहते हैं। इसी प्रकार जनसंख्या का फिजिओलाजिकल अथवा कायिकी घनत्व (Physiological Density Population) सम्पूर्ण जनसंख्या तथा सम्पूर्ण कृष्यय भूमि के सम्बन्ध से, अथवा जनसंख्या का खेतिहर घनत्व (Agricultural Density of Population) कृषि पर निर्भर रहने वाली सम्पूर्ण जनसंख्या तथा सम्पूर्ण कृष्यय भूमि के सम्बन्ध से, अथवा जनसंख्या का आर्थिक घनत्व (Economic density of Population) सम्पूर्ण जनसंख्या तथा भूमि के सम्पूर्ण आर्थिक संसाधनों के सम्बन्ध से निकाला जा सकता है। यद्यपि मनुष्य—भूमि का अनुपात जनसंख्या के वास्तविक घनत्व को नापने के लिए सर्वोत्तम मापक है, किन्तु इसको प्राप्त करना अत्यन्त दुष्कर है।

बिन्दु मानचित्रों की तुलना में घनत्व मानचित्र हमें कुछ गुमराह भी करते हैं क्योंकि ये प्रशायकीय इकाइयों से सम्बन्धित रहते हैं *और सम्पूर्ण वातावरण सम्बन्धी परिस्थितियों की उपेक्षा कर जाते हैं। जहाँ किसी विशेष प्रशासकीय* इकाई के अन्तर्गत एक रूप गाँवों की भूमि है वहाँ तो वास्तविक वितरण के आदर्श को प्रदर्शित कर सकते हैं, किन्तु जहाँ का औसत घनत्व, अगणित विशाल नगरों या दिल्ली जैसे राजधानियों अथवा घनी आबादी वाले जिलों तथा उजाड़ भूमि को मिलाकर निकाला जाता है, वहाँ घनत्व मानचित्र अनुपयोगी सिद्ध होता है।

सममाप-रेखा मानचित्र (Isopleth Maps)

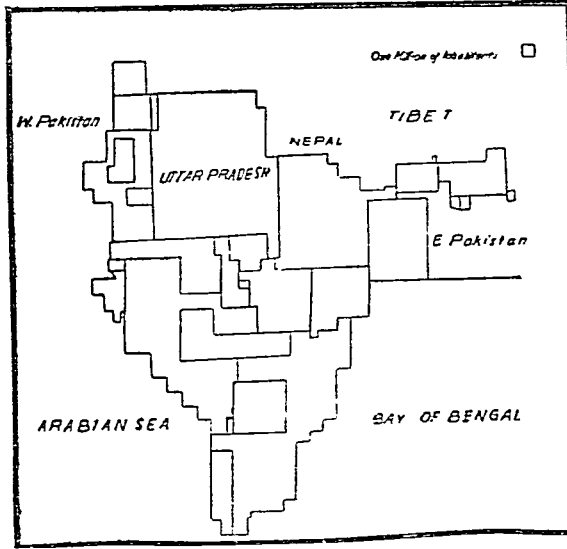
जनसंख्या वितरण को दिखाने के लिए सममाप रेखायें विशेष प्रचलित नहीं हैं। फिर भी, साधारण नियमबद्ध लघु मापक मानचित्रों के लिए जहाँ सममाप रेखा के बीच की दूरी सीधे घनत्व की सूचना देते हैं, वहाँ इनका प्रयोग सुविधापूर्वक किया जा सकता है। किन्तु इनका दृष्टिगत महत्व कम है। जनसंख्या के शक्ति सम्बन्ध वितरण एवं जाति विषयक वितरण को प्रदर्शित करने के लिए इनका प्रयोग सफलीभूत हो सकता है।

विरंजक चित्र (Cartogram)

एक विरंजक चित्र को हम सांख्यिक मानचित्र का चित्रात्मक प्रदर्शन कह सकते हैं जहाँ अमुक वस्तु के वितरण पर बल देने के लिए मानचित्र को जानबूझ कर कुछ विकृत कर दिया जाता है। यह एक प्रकार का मानचित्र सम्बन्धी व्यंग-चित्र है। इस कारण से प्रत्येक सांख्यिक मानचित्र को कार्टोग्राम नहीं कहा जा सकता।

आधुनिक भूगोल में विरंजक चित्रों का स्थान सब से अधिक महत्वपूर्ण है और इनकी प्रसिद्ध निरन्तर बढ़ रही है। यही कारण है कि इनकी एक चित्ताकर्षक पंक्ति उपस्थित है और अब भी इनकी खोज की सम्भावनायें शेष पड़ी हैं। आइये, इनमें से कुछ का अध्ययन किया जाय।

क्षेत्रफलीय विरंजक चित्र (Value-area Cartograms)

स्वतन्त्र संख्याओं तथा अनुपातों दोनों के प्रदर्शन के लिए आयताकार विरंजक चित्र अनुकूल होते हैं। ये विशेष राज्यान्तर्गत भूमि, महाद्वीप या देश, को छोटी इकाइयों (प्रशासकीय अथवा भूमि संबंधी) में विभाजित कर तैयार किए जाते हैं जिनका सांख्यिक मान चुने हुए मापक के अनुसार आयतों अथवा उनके संशोधित रूपों की सहायता से दिखाए जाते हैं। विभिन्न क्षेत्रीय इकाइयों को उनकी भौगोलिक स्थिति के अनुसार क्रम-बद्ध किया जाता है। चित्र २४२ एक मत्य-क्षेत्र विरंजक चित्र का अच्छा उदाहरण प्रस्तुत करता है जिसमें १९५१ की जनगणना के अनुसार भारत की जनसंख्या का वितरण दिखाया गया है। विभिन्न प्रान्त और राज्य अपनी संगतीय मानचित्र स्थिति में रखे गए हैं।

चित्र २४२—१९५१ में भारत की जनसंख्या प्रदर्शन विरंजक चित्र द्वारा

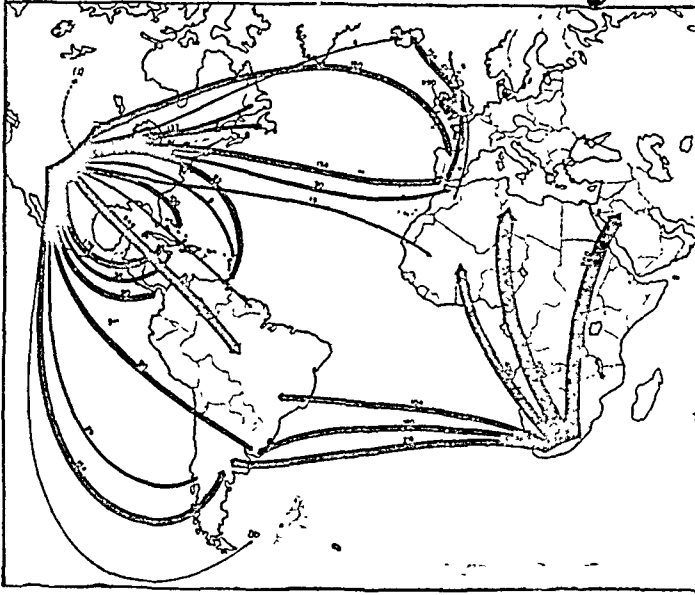
तुलनात्मक कार्यों के लिए क्षेत्रफलीय विरंजक चित्रों का प्रयोग बड़ी सफलता से हो सकता है। उदाहरण के लिए, यदि भारत के प्रदेशों और राज्यों के क्षेत्रफल को प्रदर्शित करने वाले विरंजक चित्र को ऊपर के विरंजक चित्र के बगल में रखा जाय तो यह एक बड़ा दिलचस्प तुलनात्मक प्रदर्शन रहेगा। दोनों विरंजक चित्र मिलकर मनुष्य-भूमि के सम्बन्ध को शीघ्र ही प्रस्तुत करेंगे। विश्व के लिए इस प्रकार के तुलनात्मक विरंजक चित्र डवल्यू० एस० वायटिन्सकी तथा ई० एस० वायटिन्स्की द्वारा लिखित "विश्व की जनसंख्या और उत्पादन: प्रवृतियाँ और दृष्टियाँ" नामक पुस्तक में प्रकाशित हैं। "ईस्टर्न इकोनामिस्ट; वार्षिक अंक १९५६" में भी कुछ विरंजक चित्र इस प्रकार के हैं।

केन्द्र सम्बन्धी विरंजक चित्र (Centrograms)

सेन्ट्रोग्राम, जनसंख्या और उत्पादन, अथवा किसी अन्य प्रकार के सिद्धान्त जिसकी पूर्ण सांख्यिक तालिका उपलब्ध है, की प्रवृतियों को दिखाने के लिए प्रयोग में लाए जाते हैं। राजनैतिक भूगोल में इन्होंने विशेष महत्वपूर्ण स्थान बना लिया है और यही कारण है कि ये इतने प्रचलित हो रहे हैं। सेन्ट्रोग्राम के कई प्रकार हैं जो विभिन्न प्रकार के केन्द्रों को प्रदर्शित करते हैं। जनसंख्या केन्द्र जो केन्द्र विन्दु (Pivotal Point) अथवा गुरुत्व केन्द्र (Centre of Gravity) के नाम से भी प्रचलित है, वह विन्दु है जिस पर सम्पूर्ण देश की जनसंख्या सन्तुलित हो। यह जनसंख्या केन्द्र विन्दु मध्यवर्ती विन्दु (Median Point) से भिन्न होता है क्योंकि मध्यवर्ती विन्दु केवल देश की जनसंख्या को दो समान भागों में ही विभाजित करता है। परन्तु ये दोनों विन्दु भी परिवर्तनशील हैं तथा जनसंख्या के परिवर्तन को प्रदर्शित करते हैं। संयुक्त राज्य अमेरिका की १७९० से १९३० की जनसंख्या केन्द्रों को डवल्यू० सी० इल्स महोदय ने अप्रैल १९३७ के "Geographical Review" में प्रकाशित किया था जिसे रेज महोदय ने अपनी पुस्तक जेनरल कार्टोग्रैफी में भी प्रकाशित किया है।

यातायात प्रवाह विरंजक चित्र (Traffic flow Cartograms)

यातायात प्रवाह कार्टोग्राम का निर्माण: आवागमन के मार्गों के साथ माल अथवा यात्रियों के यातायात गाड़ियों की तीव्रता अथवा एकाग्रता को प्रदर्शित करने के लिए किया जाता है। ये अनुपातिक संख्याओं को दिखाने के लिए उनकी समानुपातिक चौड़ाई या पतली समानन्तर रेखाओं के क्रम में दिखाए जाते हैं। प्रायः मोड़ों को छोड़ दिया जाता है और मार्ग को सीधे साधे रूप में दिखाया जाता है। निश्चित रूप से ये आवागमन की धमनियों के दृष्ट चित्र प्रस्तुत करते हैं।

इस बात को कोई अस्वीकार नहीं कर सकता कि इनका चित्रात्मक प्रदर्शन बड़ा भाव्य होता है। किन्तु इनकी रचना बड़ा ही कठिन कार्य हैं। यातायात सम्बन्धी आँकड़ों के अभाव में विशेष रूप से हम लोगों के जैसे देश म इस प्रकार के चित्रों के निर्माण के लिए हतोत्साहित होना पड़ता हैं। यहां तक कि रेलवे जैसा विशाल राजकीय उद्योग भी किसी विशेष मार्ग पर चलने वाली गाड़ियों की संख्या को छोड़ कर और कुछ नहीं बता सकता। सम्पूर्ण विशेषताओं के साथ ही मोटी प्रवाह रेखायें अपने सांख्यिक मान को खो बैठती है। अतः यह आवश्यक है कि यातायात की संख्या को पतली समानान्तर रेखाओं द्वारा दिखाया जाय किन्तु यहाँ मानचित्र में कम स्थान होने से ऐसा भी नहीं किया जा सकता। फिर, जहाँ यातायात का अधिक घनत्व है वहाँ उस विशेष मण्डल का वृहद मापक पर आधारित स्वतन्त्र चित्र खींचने के अतिरिक्त और कोई चारा नहीं।

चित्र २४३—यातायात प्रवाह विरंजक चित्र

विद्यार्थियों को उत्तरी अमेरिका की महान झीलों के यातायात प्रवाह चित्र तथा अन्तर्राष्ट्रीय व्यपार के जहाजों की वहन क्षमता को दिखाने वाले जहाज-मार्गों से अवश्य परिचित होना चाहिए। चित्र २४३ एक नये यातायत प्रवाह विरंजक चित्र को प्रस्तुत करता है जिसमें १९४४ में दक्षिणी अफ्रीका, इंगलैंड तथा संयुक्त राज्य अमेरिका के कोयला निर्यात को दिखाया गया है। यह अमेरिका के आर्थिक-कल्याण कार्यालय द्वारा निर्मित किया गया था।

अध्याय ७

मौसम और जलवायु सम्बन्धी आंकड़ों का प्रदर्शन

(Representation of Weather and Climate Data)

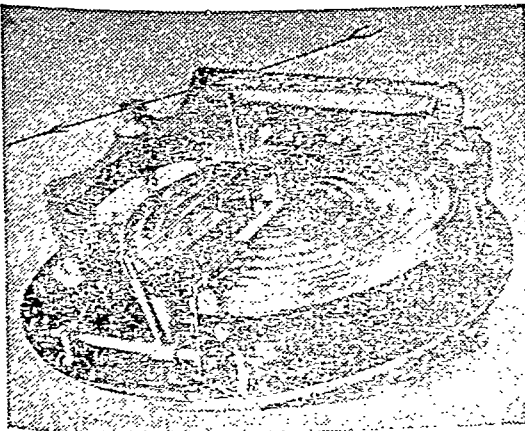
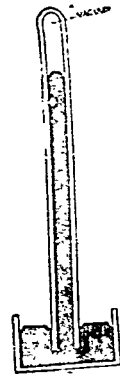
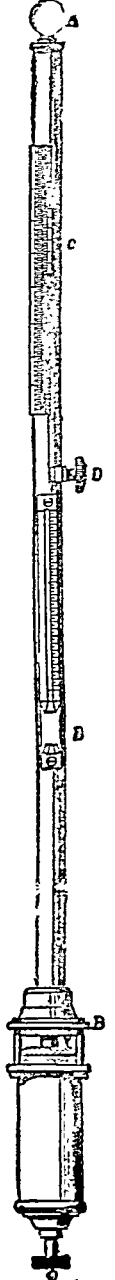
खण्ड क : मौसम और जलवायु के तत्व

मौसम का अर्थ है किसी विषेश समय और स्थान पर वायुमंडल की अवस्था। इसके विपरीत जलवायु समय और स्थान दोनों के प्रति कुछ अधिक गुण बोध करती है। दूसरे शब्दों में, जलवायु पूर्ण रूप से फैले क्षेत्र पर तथा अधिक समय (३०-५० वर्ष) के लिए मौसम के तत्वों के मध्यमानों को प्रदर्शित करती है। मौसम के ये तत्व हैं—वायुभार, तापक्रम, वायु की दिशा और गति, आकाश में बादलों की स्थिति, वर्षा, नमी और दृष्टिगोचरता।

वायु भार

अन्य गैसों की भाँति हवा का भी भार होता है और इसमें प्रत्यास्थ (Elastic) को शक्ति होती है। अतः एक द्रव-स्थिति-समतुल्यता के लिये धरातल पर प्रत्यास्थ शक्ति को धरातल से वातावरण की अपेक्षाकृत ऊँची सीमाओं तक फैले हुए हवा के स्तम्भ (Column) के भार के बराबर होना चाहिए। अतः हवा का भार या तो प्रत्यास्थ शक्ति को सूचित करता है या हवा के भार को जिसे यह शक्ति स्वयं सम्भाले रहती है। यही कारण है कि जब हम आकाश में ऊपर की ओर जाते हैं तो प्रत्यास्थ शक्ति तथा हवा के स्तम्भ का भार दोनों ही कम होने लगते हैं।

वायु का भार बैरोमीटर द्वारा नापा जाता है—पारा द्वारा निर्मित बैरोमीटर तथा एनीरायड या निर्द्रव बैरोमीटर (अनीड) द्वारा। पारा द्वारा निर्मित बैरोमीटर—प्रामाणिक बैरोमीटर, फार्टिन बैरोमीटर या क्यू पैटर्न बैरोमीटर—में पारे की एक नली होती है जो वायु के भार से संतुलित होती है। निर्द्रव या एनीरायड बैरोमीटर धातु का मजबूत गोल डब्बा होता है जिसके भीतर की हवा निकाल कर इस्पात के पतले ढक्कन से बन्द कर देते हैं। यह भी वायु के दबाव को नापता है तथा पारा द्वारा निर्मित बैरोमीटर के समान ही अच्छा होता है।

बैरोग्राफ (Barograph) एक अन्य यन्त्र है जो वायु-दबाव के अनवरत परिवर्तन को स्वतः ही अंकित करता रहता है। गोल पीपा के ऊपर एक कागज चढ़ा होता है जिस पर दबाव का परिवर्तन एक सुई द्वारा खींचता चला जाता है। दबाव का आलेख एक कमरे के भीतर किया जाता है क्योंकि कमरे और खुली हुई जगह में वायु के दबाव में कोई अन्तर नहीं होता।

चित्र २४४-एनीरायड बैरोमीटर

चित्र २४५
पारद बैरोमीटर
का सिद्धान्त

चित्र २४६
पारद बैरोमीटर

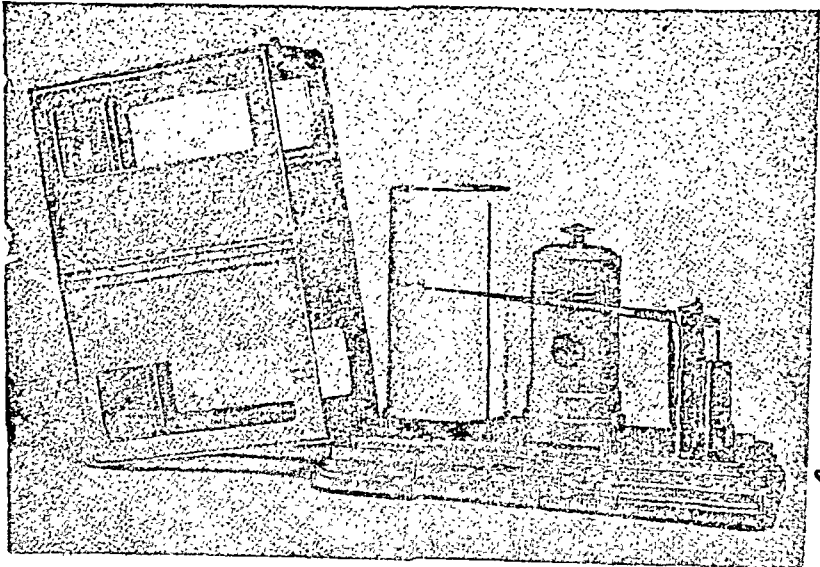
वायुभार तीन विभिन्न इकाइयों—इंच, सेन्टीमीटर, तथा मिलीवार—में नापा जाता है। यह स्मरण रखना चाहिए कि इंच और सेन्टीमीटर लम्बाई की ईकाई है किन्तु मिलीवार शक्ति की इकाई है और नाप की सबसे उपयुक्त इकाई है।

वायुभार का प्रमाणिक मान (Standard) ४५° अक्षांस समुद्रतल पर २३७° परम ताप (३२° फारेनहाइट) पर पारद स्तम्भ के २९.९२५ इंच अथवा ७६० मिली मीटर के वरावर लिया जाता है। C.G.S. प्रणाली में यह दवाव १,०१३,२३१ डाइन प्रति वर्ग से० मी० के वरावर होता है। १,०००,००० डाइन प्रति वर्ग से० मी० को एक वार (1 Bar) कहते हैं और इसके $\frac{१}{१०००}$ भाग अर्थात १००० डाइन को १ मिलीवार (1 mb) कहते हैं। इंच और मिलीमीटर को आसानी से मिलीवार में तथा मिलीवार को इंच और मिलीमीटर में वदल सकते हैं। उदाहरणार्थ, २९.५३ इंच=७५०.१ मि० मी०=१००० मिलीवार। अमेरिका के अन्तरिक्ष विज्ञान वेत्ता (Meteorologists) थोड़ा विभिन्न पारिभाषिक शब्दावली का प्रयोग करते हैं।

योरोप में	अमेरिका में	परम इकाई में
१ वार	१ मेगावार	१ मेगाडाइन या १,०००,००० डाइन प्रतिवर्ग से० मी० =७५०.१ मि० मी०=२९.५३१ इंच
१ मिलीवार (mb)	१ किलोवार (Kb)	१००० डाइन प्रतिवर्ग से० मी०
१ माइक्रोवार	१ वार	१ डाइन प्रतिवर्ग से० मी०

ग्राफ खींचने के पहिले पढ़े हुए वायुभार को निम्न वातों के लिए संशोधित कर लेना चाहिए—(१) कैशिकार्षण शक्ति (Capilarity) तथा निर्देशक संशोधन (Index Corretion) (२) तापक्रम के लिए संशोधन (३) समुद्रतल के लिए संशोधन, तथा (४) अक्षांश के लिए संशोधन।

पहिला संशोधन कैशिकार्पण शक्ति (Capilarity force) के लिए किया जाता है जो पारद स्तम्भ को कुछ नीचे कर देता है।

दूसरा संशोधन तापक्रम के लिए किया जाता है। यद्यपि कमरे के वाहर और भीतर दवाव एक होता है फिर भी उनके तापमानों के वीच कुछ अन्तर होता है। यदि दवाव इंच में नापा गया है तो पारद स्तम्भ २७१° A या ३२° F, संशोधन किया जाता है, अतः उन सभी मानों को जो इस मानदंड (Standard) से भिन्नता रखते हैं, शुद्ध कर लिया जाता है।

चित्र २४७—वैरोग्राफ

जैसा कि पहिले कहा गया है कि ऊँचाई के साथ ही वायु का दबाव कम हो जाता है। यह प्रति ९०० फुट ऊँचाई के लिए १" या प्रति १०० फुट ऊँचाई के लिए ३ मिलीवार होता है। अतः वैरोमीटर द्वारा लिए वायु दबाव मानों को प्रमाणिक समुद्रतल के अनुसार संशोधित कर लेते हैं। अक्षांसों में परिवर्तन होने से गुरुत्वाकर्षण में परिवर्तन होता है। यह परिवर्तन ध्रुवों पर सर्वाधिक तथा विषवत रेखा पर सब से कम होता है, क्योंकि ध्रुव पृथ्वी के केन्द्र से अधिक समीप हैं जब कि विषवत रेखा केन्द्र से दूर है। अतः सभी वैरोमीटर के पाठ को प्रमाणिक ४५° अक्षांस पर संशोधित कर लेना चाहिए।

समभार रेखा चित्र

समभार रेखायें (Isobars) :—वे रेखाये हैं जो वरावर वायु भार वाले स्थानों से होकर खींची जाती हैं (समुद्रतल के वरावर पर संशोधित करके)। ये रेखायें कुछ निश्चित मानचित्र रचनात्मक रूपों को अपनाती हैं जो विशेष मौसमीय अवस्थाओं की सूचना देते हैं। कुछ महत्वपूर्ण सम्भार रेखा चित्र हैं :—

चक्रवात या निम्नभार (Cyclone) :—एक ऐसी प्रणाली है जिसके केन्द्र पर भार कम होता है। वायु उत्तरी गोलार्द्ध में घड़ी की सुइयों की गति की विरुद्ध दिशा में वहती है। केन्द्र पर भार वहुत कम या कुछ कम हो सकता है। चक्रवात वहुत वड़े क्षेत्रफल पर फैले होते हैं जिनका व्यास छोटे चक्रवातों मे कई सौ मील में तथा वड़े चक्रवातों में कई हजार मील में होता है। समभार रेखाओं की आकृति चक्रवात के प्रकार पर निर्भर है। उष्ण-कटिवन्धीय चक्रवातों में समभार रेखायें वृत्ताकार होती है तथा शीतोष्ण कटिवन्धीय चक्रवातों मे अंडाकार। दोनों प्रकारों के चक्रवातों का तुलनात्मक अध्ययन नीचे दिया जा रहा है :—

शीतोष्ण कटिवन्धीय चक्रवात	उष्ण कटिवन्धीय चक्रवात
समभार रेखायें अंडाकार होता है।	समभार रेखायें वृत्ताकार होती है और केन्द्र के चारो ओर एक समान होती हैं।
वड़े क्षेत्रफल में तथा कम प्रचन्ड होती है।	कम क्षेत्रवल में तथा अधिक प्रचन्ड होते है।
प्रायः आया करते हैं।	कम आया करते हैं।
वर्षा धीमी धीमी होती है।	वर्षा तेजी से होती है।
वायु की गति कम होती है।	वायु वहुत तेजी से वहती है।
इसके आने से तापक्रम में प्रायः अधिक अन्तर हो जाता है।	तापक्रम में कम अन्तर होता हैं।

चक्रवात के साथ मौसम की पहचान मेघाच्छादन तथा वर्षा द्वारा होती है और समशीतोष्ण कटिवन्धीय चक्रवातों की अवस्था में तापक्रम द्वारा भी। मौसम के क्रम का विस्तृत अध्ययन अन्तरिक्ष विज्ञान के प्रमाणिक पाठ्य पुस्तक द्वारा किया जा सकता है।

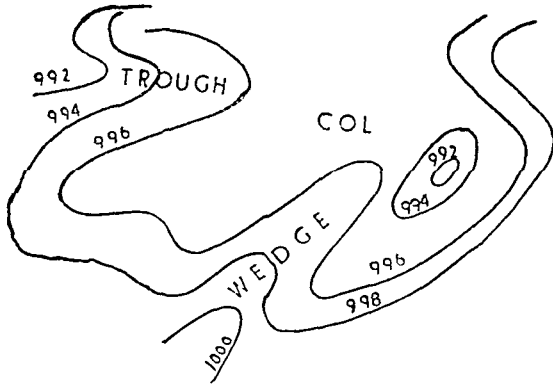
प्रति चक्रवात या उच्चभार (Anticyclone or 'High') :—उच्चभार की एक ऐसी प्रणाली है जिसके मध्य में भार अधिक होता है और वायु उत्तरी गोलार्द्ध मे घड़ी की सुइयों की गति की दिशा में अन्दर से वाहर की ओर वहती है। समभार रेखाएँ अन्डाकार होती हैं और इनका विस्तार वड़े क्षेत्रफल पर होता है।

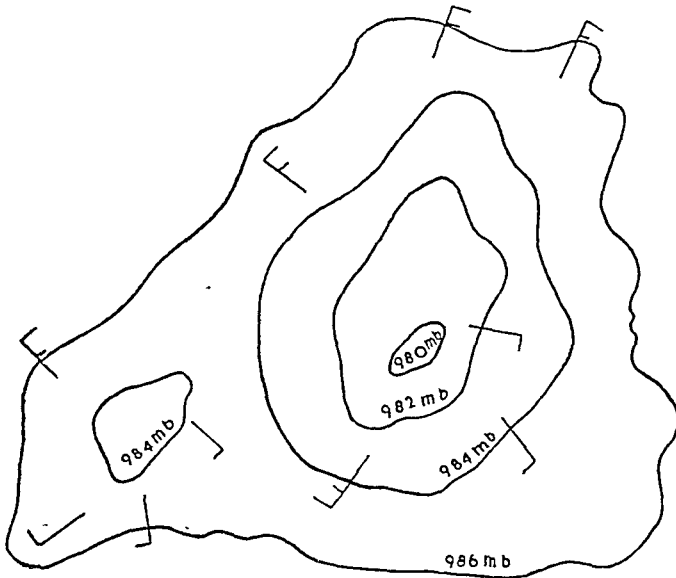
केन्द्र के समीप समभार रेखायें वहुत दूर-दूर रहती हैं अतः वायु की गति मन्द होती है। प्रति चक्रवात प्रायः अच्छे मौसम का सूचक होता और कुछ चमक के अतिरिक्त शायद ही कभी वर्षा होती है। यही कारण है कि प्रति चक्रवात में समुद्रतल पर तापक्रम में काफी परिवर्तन होता रहता है और उठने वाले वादल चारों ओर फैल जाते हैं जिनसे वर्षा नहीं होती।

निम्नभार का गर्त (Trough of Low Pressure or V–shaped Depression):—यह भी एक प्रकार का चक्रवात है जिसमे समभार रेखाओं की आकृति अग्रेजी अक्षर V के सदृश्य होती है। इसमें मौसम वड़ी तेजी से वतलता है। परन्तु मौसमीय परिवर्तन इस वात पर निर्भर करता है कि वहाँ उष्ण सीमा (warm front) है या शीत सीमा (Cold fornt) है, अथवा विच्छिन्न चक्रवात हैं।

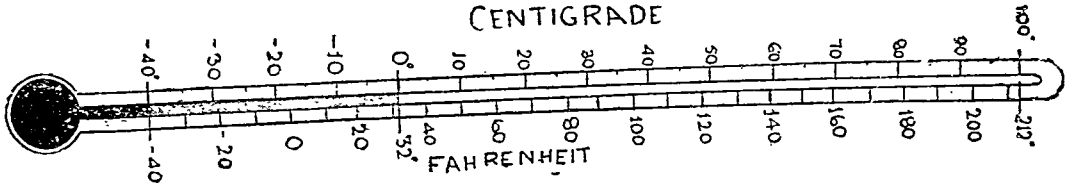
चित्र २४८

उष्ण सीमा (warm front type) में तब तक लगातार वर्षा होती रहती है जब तक कि ट्रफ गुजर नहीं जाता। इसके बाद भी मौसम कुछ मेघ युक्त रहता है। शीत सीमा (cold front type) में वर्षा होती है और शीघ्र ही आकाश स्वच्छ हो जाता है।

चक्रवात स्कंध (Col):—दो उच्च भार तथा दो निम्न भार क्षेत्रों के बीच का शान्त क्षेत्र चक्रवात स्कंध कहलाता है। जाड़े में मौसम अनिश्चित सा रहता है, विशेषत: शान्त और कुहरा से भरा हुआ; गर्मी में यदि आकाश साफ रहा तो आँधी आ सकती है।

उभार (Ridge):—पहले इसे 'वेज' (Wedge) कहा जाता था। यह उच्च भार का अंश है जिसमें सम भार रेखाओं की आकृति जीभ जैसी होती है। ऊँचे मान की समभार रेखायें निम्न भार के क्षत्र में फैली रहती है। समभार रेखाये जो निम्न भार के क्षेत्र में फैली रहती है वे प्राय: V के उल्टे आकार में होती हैं। रिज के साथ का मौसम प्राय: अच्छा होता है।

उप-चक्रवात (Secondary Depression):—यह किसी प्रारम्भिक चक्रवात में ही सम्मिलित रहता है और उसके भीतर या तो केवल झुकाव के रूप मे या बन्द प्रणाली में रहता हैं। इसकी अपनी स्वयं प्रणाली होती हैं। इसका साधारण मौसम प्रारम्भिक चक्रवात के ही समान होता है और परिवर्तनशील होता है। यह प्रारम्भिक चक्रवात के साधारण मार्ग का अनुसरण करता है और प्राय: इसके चारो ओर घड़ी की सुई की विपरीत दिशा में घूमता है।

चित्र २४९—उप-चक्रवात

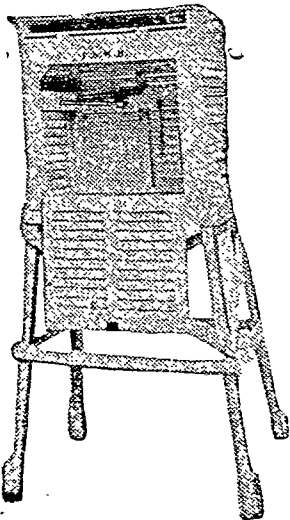
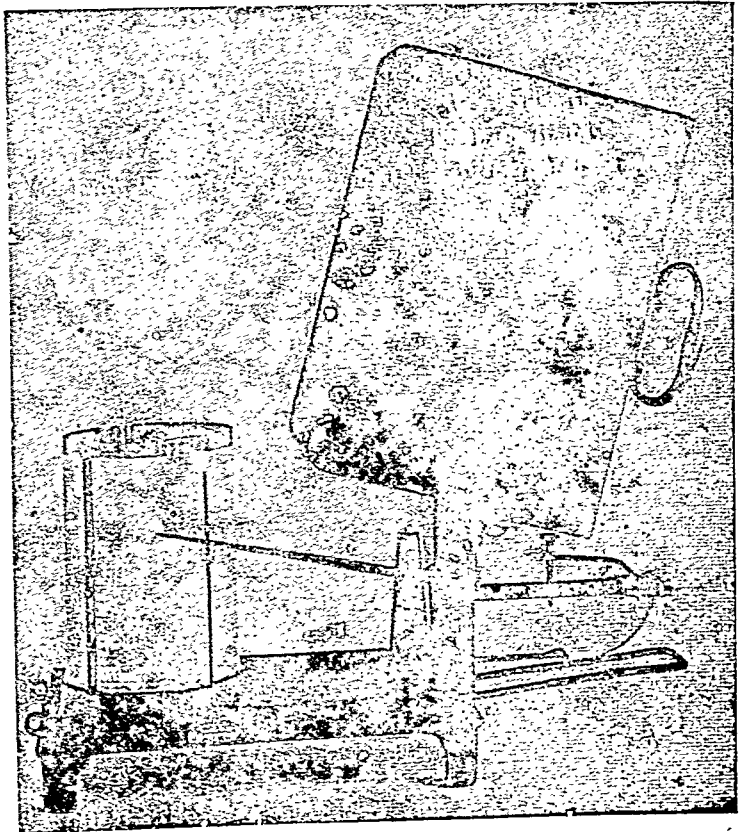
तापक्रम
(Temperature)

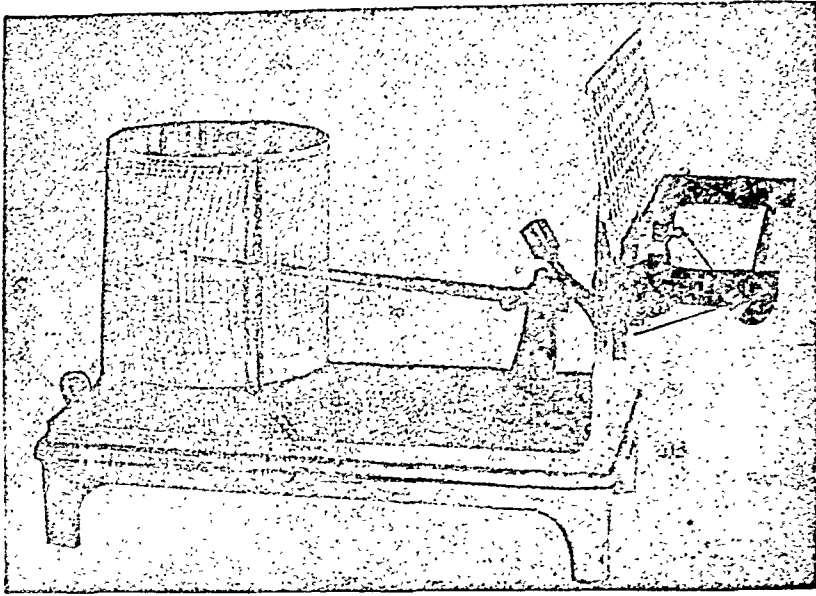
तापक्रम की नाप थर्मामीटर (Thermometer) या तापमापी से की जाती है। तापमापी तीन प्रकार के होते हैं। यूरोप महाद्वीप में सेंटीग्रेड (C) तापमापी का प्रयोग होता है। किन्तु ग्रेट ब्रिटेन तथा अन्य अंग्रेजी बोलने वाले देशों में फारेनहाइट (F) तापमापी का प्रयोग करते हैं। भारत जिसने दाशमिक प्रणाली-आन्दोलन का सूत्रपात बड़े जोर-शोर से कर दिया है, १ जनवरी १९५७ से शताशिक प्रणाली को अपना लिया है और मौसम की सूचना में तापक्रम सेंटीग्रेड तथा फारेनहाइट दोनों में दिया जाता है। ऊपर के हवा के तापक्रम के लिए सेंटीग्रेड तापक्रम प्रयोग किया जाता है। परम (Absolute) तापक्रम का प्रयोग विज्ञान के कामों के लिए होता है। रियुमर (Reaumer) तापमापी का प्रयोग अब भी रूस में प्रचलित है लेकिन वैज्ञानिक कार्यों के लिए इसका प्रयोग नहीं होता।

चित्र २५०—दो तापमापकों की तुलना

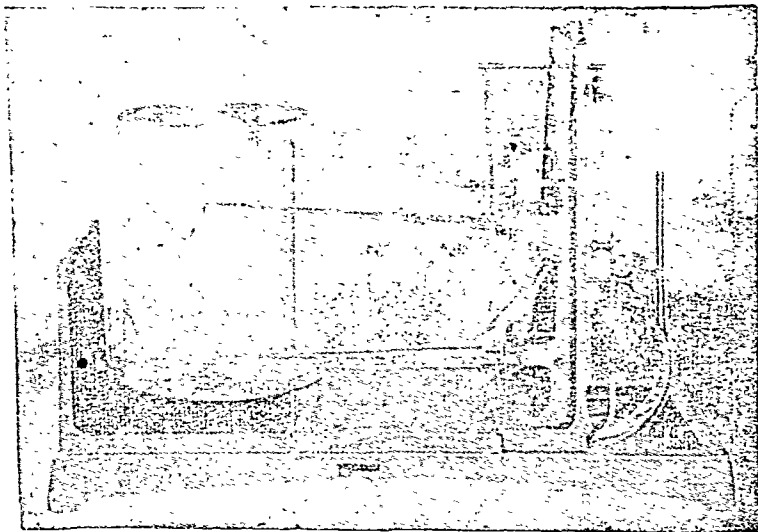
इस प्रकार यदि F, C, A, R, उपर्युक्त चारों तापमापी के मानों को प्रदर्शित करते हैं, तो

$$\frac{F-३२}{१८०} = \frac{C}{१००} = \frac{R}{८०} \text{ और } C = A - २७३$$

सभी तापक्रम ऐसे स्थान पर लिए जाते हैं जहाँ हवा आती रहती है। स्टीवेन्सन-चिक (Ste-

चित्र २५१—तापमापी के लिए स्टीवेन्सन-चिक

चित्र २५२—तापलेखी

venson's Screen) इसके लिए उपयुक्त स्थान होता है जहाँ कि तापमापी छाये में रहता है और धूप की विघ्न-बाधाओं से मुक्त रहता है। धूप में तापक्रम इसलिए नहीं लेते कि धूप के कारण तापक्रम बढ़ जाता है।

चित्र २५३—वेयर हाइग्रोग्राफ

आर्द्र वल्व और शुष्क वल्व तापमापी (Wet-bulb and Dry-bulb Thermometers)—इस तापमापी के द्वारा आर्द्रता की नाप की जाती है। आर्द्रवल्व तापमापी में वल्व को मलमल के कपड़े द्वारा भीगा हुआ रखते हैं। मलमल के कपड़े के नीचे कपड़े की एक वत्ती होती है जो स्वच्छ पानी में डूबी रहती है। जब शुष्क हवा उस वल्व को छूती है तो उसकी शक्ति भाप बनने में समाप्त हो जाती और इसलिए यह वल्व दूसरे वल्व की अपेक्षा अधिक ठंडा हो जाता है। हवा जितनी ही शुष्क होगी दोनों वल्वों के तापक्रम में उतना ही अन्तर होगा। जब यह अन्तर ज्ञात हो जाता है, तो तालिका की सहायता से आर्द्रता की गणना कर ली जाती है।

चित्र २५४—थर्मो हाईग्रोग्राफ

टेली-तापमापी (Tele-Thermometer)—इस यंत्र के द्वारा किसी मकान के बाहर का तापक्रम भीतर ही ज्ञात किया जा सकता है। तापक्रम के निरन्तर अभिलेखों (Records) को रखने के लिए इसका उपयोग होता है।

थर्मोग्राफ (Thermograph)—एक ऐसा यंत्र है जो किसी निर्दिष्ट समय (उदाहरणार्थ २४ घंटा) के लिए तापक्रम को स्वयं अंकित करता है। तापक्रम का एक किनारा एक चौखटे से जुड़ा रहता है और दूसरा किनारा सीधे या एक उत्तोलक प्रणाली (Lever system) द्वारा अंकित करने वाली कलम से जुड़ा रहता है। यह कलम स्वतः ही घूमने वाले पीपे पर तापक्रम को अंकित करता है।

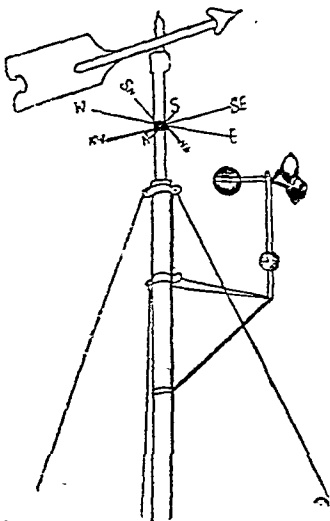
उच्चतम और न्यूनतम तापमापी (Maximum and Minimum Thermometers)—इस तापमापक द्वारा विगत २४ घंटे के उच्चतम और न्यूतम तापक्रम को ज्ञात किया जाता है। दिन का औसत तापक्रम उच्चतम तथा न्यूनतम तापक्रमों के औसत से प्राप्त किया जाता है। महीने का औसत तापक्रम, प्रतिदिन के औसत तापक्रमों के औसत द्वारा प्राप्त किया जाता है। किसी विशेष दिन (मान लीजिए २५ अप्रैल) का स्वाभाविक तापक्रम (Normal temperature) ज्ञात करने के लिए कई वर्षों (३० से ५० वर्ष) के उस विशेष दिन के तापक्रम के औसत को ज्ञात किया जाता है। किसी विशेष दिन के स्वाभाविक उच्चतम तापक्रम तथा स्वाभाविक न्यूनतम तापक्रम के लिए भी यही क्रिया की जाती है।

नकशा बनाने के पहिले, सभी तापक्रमों को समुद्रतल के लिए ठीक कर लेना चाहिए। ऊँचाई के साथ तापक्रम में परिवर्तन वर्ष भर होता रहता है; गर्मी के दिन में १४३ मीटर के लिए लगभग १°C जाड़े के दिन में २५० मीटर के लिए १°C का अन्तर पड़ता है। दोनों का मध्यमान १८० मीटर के लिए १°C (या ३०० फुट के लिए १°F) के लगभग होता है। पूये दे डोम (Puy De Dome) तथा क्लेरमांट फेरान्ड (Clermant Ferrand) से लिए हुए तापक्रम एक उदाहरण प्रस्तुत करते हैं। ये दोनों लगभग एक ही अक्षांस पर स्थित हैं।

नगर	समुद्रतल से ऊँचाई	अक्षांस	मापित	परिवर्तित
क्लेरमांट फेरान्ड	३८८ फुट	४५°४६′	२८२.३° A.	२८४.५°A.
पूये दे ड़ोम	१४६७ फुट	४५°४७′	२७६.३° A.	२८४.५°A.

यहाँ वृद्धि क्रमशः $\frac{३८८^\circ}{१८०^\circ}$ तथा $\frac{१४६७^\circ}{१८०^\circ}$ है।

वायु की गति और दिशा
(Wind Speed and Direction)

चित्र २५५—Wind Vane and Cup-anemometer

स्थल के ऊपर वायु की दिशा का ज्ञान एक पंख युक्त तीर द्वारा होता है जिसे वायु निर्देशक यंत्र (Wind Vane) कहते हैं। वायु की गति कप एनिमीटर (Cup-anemeter) द्वारा नापी जाती है। एनिमोग्राफ (Anemograph) निरन्तर वायु की गति को अंकित करता रहता है।

वायु प्रवाह का शक्ति-मापक जिसका अब विश्वव्यापी प्रयोग हो रहा है, बूफर्ट मापक (Beaufort Scale) कहलाता है। अंग्रेजी जल-सेनाध्यक्ष बूफर्ट ने सन १८०५ म यह मापक बनाया था। बाद में इसका रूप थोड़ा बदल दिया गया। इसने वायु को १२ वर्गों में विभाजित किया, जैसा कि नीचे दिखाया गया है। यह शक्ति-मापक पहिले जल जहाजों पर प्रयोग करने के उद्देश्य से बनाया गया था। ततपश्चात् अन्तर्राष्ट्रीय सहयोग से इसका प्रयोग विश्वव्यापी हो गया। विभिन्न विन्दुओं पर वायु की गति प्रयोग द्वारा निकाली गयी है।

वायु शक्ति का बूफर्ट मापक

(Beaufort Scale of Wind Force)

Term	Beaufort Number	Speed m.p.h.	Wind arrows	Sea Criterion	For use on land
Calm	0	1		Calm, Smoke rise vertically.	
Light Air	1	1 to 3			Direction of wind shown by smoke drift.
Slight Breeze	2	4 to 7		Sufficient wind for working ship.	Wind felt on face, leaves rustle, ordinary vane moves.
Gentle Breeze	3	8 to 12			Leaves and small twigs in constant motion; wind extends light flag.
Moderate Breeze	4	13 to 18			Raises dust and loose paper, small branches are moved.
Fresh Breeze	5	19 to 24		Force most advantageous for sailing with leading wind and all sail drawing.	Large branches in motion whistling heard in telegraph wires; umbrellas open with difficulty.
Strong Breeze	6	25 to 31		Reduction of wind necessary with leading wind.	Whole trees in motion; inconvenience felt in walking against wind.
High Wind	7	33 to 38			
Gale	8	39 to 40			
Strong Gale	9	47 to 54		Considerable reduction of sail neoessary even with. Wind quartering.	Breaks twigs off trees; generally impedes progress. Slight structural damage occurs; chimney pots and stale removed.
Whale Gale	10	55 to 63		Closer reafed sail running home or to under storm sail.	Seldom experienced inland; trees uprooted: considerable structural damage occurs.
Storm	11	64 to 75			
Hurricane	12	over 75		No sails can stand even when running.	Very rarely experienced; accompanied by widespread damage.

आर्द्रता

(Humidity)

आर्द्रता हवा में जलवाष्प की उपस्थिति को सूचित करती है। यह एक परिवर्तनशील व्यापार है। यह समय और स्थान के साथ ही परिवर्तित होती रहती हैं। यदि हवा में जलवाष्प पूर्ण मात्रा में उपस्थित है तो एक निश्चित तापक्रम पर उसे इस अवस्था में रखा जा सकता है कि वह अधिक वाष्प को अपने भीतर न रखे। इस अवस्था में हवा को संतृप्त हुआ कहते हैं। किसी विशेष समय पर हवा में जितने जल वाष्प की वास्तविक मात्रा उपस्थित रहती हैं उसे निरपेक्ष आर्द्रता (Absolute Humidity) कहते हैं। आपेक्षिक आर्द्रता (Relative Humidity) वह निष्पत्ति है जो किसी तापक्रम पर हवा में उपस्थित जलवाष्प की यात्रा और उसी तापक्रम पर हवा को संतृप्त करने के लिए आवश्यक वाष्प की मात्रा में होती है। आपेक्षिक आर्द्रता हमेशा प्रतिशत में व्यक्त की जाती है। मान लीजिए कि २०°C (६८°F) तापक्रम पर हवा में प्रतिधन मीटर ६·९२ ग्राम

जलवाष्प रहता है जब कि इस तापक्रम पर उसकी जलवाष्प क्षमता १७.३ ग्राम प्रतिघन मीटर है, अतः आपेक्षित आर्द्रता

$$= \frac{\text{निरपेक्ष आर्द्रता}}{\text{जलवाष्प क्षमता}} \times १००$$

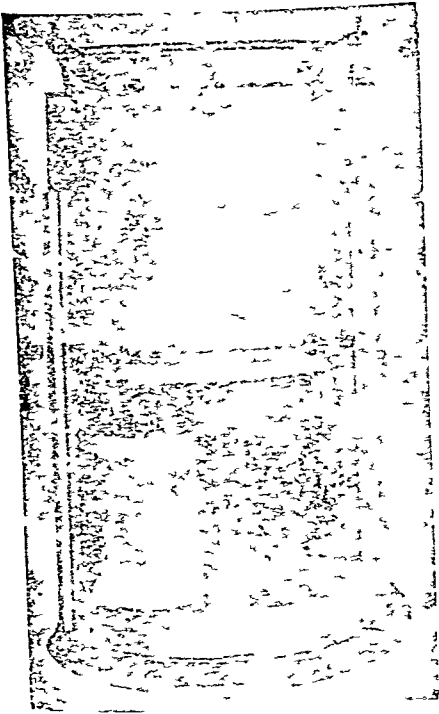
$$= \frac{६.९२}{१७.३०} \times १०० = ४०\%$$

आपेक्षित आर्द्रता हेयर हाइग्रोमीटर (Hair Hygrometer) द्वारा भी नापी जाती है। इसमे मनुष्य के बाल का प्रयोग किया जाता है जिसकी लम्बाई आर्द्रता के साथ घटती बढ़ती रहती है। आर्द्रता के परिवर्तन को प्रदर्शित करने के लिए यन्त्र छोटे छोटे भागो मे चिन्हित रहता है।

थर्मो हाइड्रोग्राफ तापक्रम तथा आर्द्रता दोनो को अंकित करता है।

वर्षा की माप (Measurment of Precipitation)

वर्षा नापने के लिए रेनगेज (Rain gauge) का प्रयोग किया जाता है। यह एक साधारण सा यंत्र है। पानी इकट्ठा करने के लिए ऊपर एक कीप (Funnel) लगी होती हैं और टीन के खोल के भीतर एक चिन्हित सिलेन्डर होता है जिसमें एकत्र हुए पानी की नाप होती है। यह आवश्यक नहीं कि कीप का Cross Scction सिलिन्डर के Cross Section के बराबर हो। उनमे अन्तर भी हो सकता है और यह भिन्नता वर्षा नापने वाले चिन्हो द्वारा ठीक कर ली जाती है।

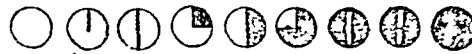
इसी प्रकार जहाँ बर्फ गिरती है वहाँ स्नोगेज (Snow-gauge) का प्रयोग किया जाता है। जहाँ वर्षा नापी जानी हो वहाँ ऐसी व्यवस्था होनी चाहिए कि पानी का वाष्पीकरण न हो।

चित्र २५६–रेनगेज

दृष्टि-गोचरता (Visibility)

दृष्टि गोचरता क्षैतिज दिशा मे हवा की पारदर्शकता को सूचित करता है। अतः इसका अर्थ यह हुआ वह महत्तम दूरी जहाँ से सूर्य के प्रकाश मे दिन मे तथा ज्ञात कैंडिल शक्ति के प्रकाश की सहायता से रात्रि में कोई वस्तु पहचानी जा सके। दृष्टि-गोचरता एक ० से ९ के विस्तार वाले मापक जैसा कि नीचे दिया हुआ है, द्वारा जानी जाती है।

मापक नम्बर	दृष्टि-गोचरता दिन के प्रकाश मे
०	५० मीटर से कम
१	५०–२०० मीटर

२	२००–५०० मीटर
३	५००–१००० मीटर
४	१–२ कि० मी०
५	२–४ कि० मी०
६	४–१० कि० मी०
७	१०–२० कि० मी०
८	२०–५० कि० मी०
९	५० कि० मी० से ऊपर

निम्नतल घनतल (Ceiling)

वायुयान-संचालन के कारण घनाच्छादन मौसम का एक महत्वपूर्ण तत्व हो गया है। किसी स्टेशन के ऊपर बादल के निचले आधार की ऊँचाई का ज्ञान आवश्यक है। यह ऊँचाई गुब्बारों द्वारा नापी जाती है जिसकी गति ज्ञात रहती है। यह रात को सर्च लाइट द्वारा ज्ञात की जाती है। प्रायः देखकर भी इसका अनुमान कर लिया जाता है।

अन्तरिक्ष विज्ञान सम्बन्धी निरीक्षणों का उपयोग

यह आवश्यक है कि एक ही समय में एक विस्तृत क्षेत्र पर मौसम सम्बन्धी निरीक्षण किया जाय। अन्तर्राष्ट्रीय सहयोग से उनका निरीक्षण एक ही समय में किया जाय और किसी देश विशेष में केन्द्रीय स्टेशन पर उन्हें भेज दिया जाय। केन्द्रीय स्टेशन उन्हें विश्व के अन्य देशों में भेज दे। इसके लिए सूचना भेजने के आधुनिकतम साधनों टेलीफोन, टेलीग्राम, बेतार के तार तथा रेडियो आदि प्रयोग किया जा सकता है।

प्रतीक-चिन्ह (Symbols)

सूचना मानचित्र तथा चार्टों पर अंकित की जाती है। इन सब कार्यों के लिए निश्चित प्रतीक चिन्हों का प्रयोग होता है, जिन्हें नीचे दिया जा रहा है।

चित्र २५७—मौसम व्यापार का नकशे पर दिखाने के लिए अन्तर्राष्ट्रीय प्रतीक-चिन्ह

चित्र २५८—स्थलीय स्टेशनों के लिए नकशा बनाने का अन्तर्राष्ट्रीय माडल

बादलों का वर्गीकरण

अन्तर्राष्ट्रीय परामर्श से बादलों का वर्गीकरण उनकी उत्पत्ति के आधार पर न करके उनके रूपों तथा रंगों के अनुसार किया गया है। यह प्रणाली इसलिए अपनायी गई है क्योंकि, स्थल या जल पर निरीक्षण करने वाले प्रायः अनाड़ी व्यक्ति होते हैं और उनसे यह आशा नहीं की जा सकती कि वे वायु मंडल की उच्च प्रक्रियाओं सम्बन्धी ज्ञान से परिचित हों। अन्तर्राष्ट्रीय प्रणाली मे बादलों के चार परिवार तथा १० जातियाँ हैं। उनके परिवार तथा जातियों को उनकी ऊँचाई के साथ निम्न तालिका में दिया जा रहा है (उनकी ऊँचाई निकटतमात्मक है)

परिवार अ : उच्च बादल

(निम्न स्तर का मध्यमान : ६००० मीटर या २०,००० फुट)

१. सिरस (Cirrus)
२. सिरोस्ट्रैटस (Cirro-stratus)
३. सिरोकुमुलस (Cirro-cumulus)

परिवार ब : मध्यवर्ती बादल

(उच्च स्तर का मध्यमान : ६००० मीटर या २०,००० फुट)
(निम्न स्तर का मध्यमान : २००० मीटर या ६,५०० फुट)

४. आल्टोकुमुलस (Alto-cumulus)
५. आल्टोस्ट्रैटस (Alto-stratus)

परिवार स : निम्न बादल

(उच्च स्तर का मध्यमान : २००० मीटर या ६,५०० फुट)
(निम्न स्तर का मध्यमान : पृथ्वी के समीप)

६. स्ट्रैटोकुमुलस (Strato-cumulus)
७. स्ट्रैटस (Stratus)
८. निम्बो-ट्रैटस (Nimbo-stratus)

परिवार द : उर्ध्वाधार विकास सहित बादल

(उच्च स्तर का मध्यमान : सिरस का स्तर)
(निम्न स्तर का मध्यमान : ५०० मीटर या १६०० फुट)

९. कुमुलस (Cumulus)
१०. कुमुलोनिम्बस (Cumulo-nimbus)

आकाश में जल सम्बन्धी क्रियाएँ
(Hydrometeors)

जल-वाष्प की उपस्थिति के कारण आकाश मंडल में अनेक प्रकार की क्रियायें होती रहती है। जल वाष्प के कारण आकाश मंडल के विभिन्न दृष्टव्य रूपों के लिए Hydrometeors शब्द का प्रयोग किया जाता है। बादल का वर्णन तो पहिले ही किया जा चुका है। अन्य मुख्य जल-क्रियाओं का वर्णन नीचे किया जा रहा है :—

वर्षा (Rain)—द्रवावस्था में पानी के बूँदों (जिनका व्यास ०·५ मि० मी० से अधिक हो) को गिरने को वर्षा कहते हैं। शान्त वातावरण की अवस्था में बूँदों के गिरने की गति ३ मी० प्र० से० से अधिक होती हैं।

बर्फ (Snow)—ठोस रूप में जल वर्षा। बर्फ रवे अधिकतर षष्टभुजीय आकार में होते हैं।

बर्फ वष्टि (Sleet)—इसमें बर्फ और जल दोनों की एक साथ ही वर्षा होती है।

फुहार (Drizzle)—निम्न स्ट्रेटस बादलों द्वारा वर्षा। इसमें बूँदें इतनी मंद गति से गिरती है कि हवा के एक हल्के झोंके से ही इधर उधर बिखर जाती हैं। बूँदें बहुत छोटी होती हैं और उनके व्यास ०·५ मि० मी० से भी कम होते हैं।

हिम सूचिकायें—(Ice Needles) ये चादर के रूप में बहुत छोटे छोटे हिम के रवे होते हैं। ये इतने छोटे होते है कि हवा में तैरते मालूम होते हैं।

घना कुहासा (Fog)—जल-बिन्दु इतने छोटे होते हैं. कि इन्हें सूक्ष्म दर्शक यंत्र से ही देखा जा सकता हैं। ये छोटी छोटी बूँदे घने रूप में हवा में टँगी रहती है जिससे दृष्टिगोचरता १ कि० मी० से भी कम हो जाती हैं। घनें कुहासे के कारण आपेक्षित आर्द्रता बहुत अधिक होती है, ९० से भी प्रायः अधिक हो)

कुहासा (Mist)—इसमें बहुत छोटे छोटे जल बिन्दु होते हैं। घने कुहासे के बिन्दुओं से भी छोटे इसके जल बिन्दु होते हैं और अपेक्षाकृत अधिक बिखरे रहते हैं जिससे दृष्टिगोचरता अपेक्षाकृत अधिक रहती है।

शुष्क हल्का कुहासा—(Dry Haze)—इसमें छोटे छोटे धूल के कण रहते हैं जिससे दृष्टिगोचरता कम हो जाती है तथा आकाश धूएँ के सदृश मालूम होने लगता है।

बौछार (Shower)—इसमें बादलों के जमा हो जाने से अचानक और तीव्र वर्षा होती है। कुमुलस (Cumulus) बादल अचानक आकाश पर छा जाते हैं और बरस कर फिर आकाश को स्वच्छ कर देते हैं।

लघु उपल (Small Hail)—अर्द्ध पारदर्शक हिम के कण जो आकार में गोल होते हैं तथा जिनका व्यास २ से ५ मि० मी० तक होता है।

कोमल उपल (Soft Hail)—हिम के उज्जवल, अपार दर्शक कण जो गोल या कोणीय आकार के होते हैं।

उपल (Hail)—हिम के गोल टुकड़े जिनका व्यास ५ से ५० मि० मीटर तक होता है। अशान्त आँधियों में अधिक गिरते हैं तथा ३२° F से कम तापक्रम में नहीं गिरते। ये बर्फ की तहें बनाते हैं तथा अपार दर्शक होते हैं।

धूल अथवा बालू की आंधी (Dust or Sand Storm)—तेज हवाओं द्वारा धूल के अगणित कण आकाश में छा जाते हैं जिससे दृष्टिगोचरता बहुत कम हो जाती हैं।

ओस (Dew)—रात में ठंडक पड़ने से पृथ्वी के धरातल पर जल की छोटी छोटी बूँदे जम जाती हैं।

पाला या तुषार (Hoar Frost)—पृथ्वी के धरातल पर पतले बर्फ के रवेदार टुकड़े जैसे कि ओस बनाती है, बन जाते हैं। यह ३२° F से कम तापक्रम पर बनता है।

पारदर्शक तुषार (Glazed Frost)—अत्यधिक ठंडी वर्षा से खुले धरातल पर बर्फ की पार-दर्शक परतें।

कोमल तुषार (Soft Rime)—उर्ध्वाधार धरातल पर जमी हुई रवेदार बर्फ की उज्जवल्प परतें जो कुहरे के अत्यधिक ठंडा हो जाने से बनती हैं।

कठोर तुषार (Hard Rime)—बर्फ के छोटे दानदार अपारदर्शक टुकड़े के भीगी हुई हवा कोमल तुषार के सदृश ही जमा हो जाने से बनता है

शुद्ध वायु (Pure air)—एक वायुमंडल जो इतना पारदर्शक होता कि जिसमें से होकर १० कि० मी० या उससे अधिक दूरी की वस्तुयें स्पष्ट दिखायी दे सकती है।

प्रकाश परिमंडल (Corona)—सूर्य एवं चन्द्रमा के चारों ओर एक प्रकाशित तेजोमंडल जिसका अर्ध-व्यास कुछ अंशों का होता है। भीतरी भाग इन्द्र धनुप के रंगों विशेषकर नीले, सफेद या पीले रंग को प्रदर्शित करता है। प्रकाश मंडल (Halo) सूर्य या चन्द्र के चारों ओर एक तेजोमंडल जिसका अर्द्धव्यास २२° का होता है तथा जो अधिकांश उज्ज्वल तथा इंद्र धनुषी होता है।

मौसम का पूर्व अनुमान[1] (Weather Forecasting)

मौसम का अनुमान लगाना एक बहुत ही कठिन कार्य है क्योंकि हम लोगों के निरीक्षण या तो अपूर्ण होते हैं अथवा ऐसे व्यक्तियों द्वारा लिए जाते हैं जिनकी योग्यता और ज्ञान सन्दिग्ध होते हैं। इसके अतिरिक्त वायुमंडल इतना गतिशील और परिवर्तनशील है कि वह क्षण प्रतिक्षण अपना रंग बदलता रहता है और हम निश्चित नहीं कह सकते कि किस क्षण में क्या होगा। अतः मौसम के सम्बन्ध में जितने पूर्व अनुमान लगाये जाते हैं उनके साथ 'सम्भवतः' तथा हो सकता है, वाक्यांश को भी जोड़ देते हैं।

अनुमान का वस्तुतः अर्थ है वर्तमान और विगत निरीक्षणों के आधार पर मौसमीय अवस्था का निश्चय करना। यह निम्न समस्याओं में विभाजित किया जा सकता है :

(१) उस समय की भार प्रणालियों की सम्भाव्य गतिशीलता का निश्चय करना जिसके लिए अनुमान लगाया जा रहा है।

(२) उस समय की भार प्रणालियों में सम्भाव्य परिवर्तनों का निश्चय करना जिसके लिए अनुमान अभिप्रेत है।

(३) अनुमान के समय में वायु समूहों के भौतिक गुणों के सम्भाव्य परिवर्तनों का निश्चय करना।

मार्ग विधि[2] (The Path Method)

इस विधि में हम उस मार्ग को निश्चित करने का प्रयत्न करते हैं जिसको भार प्रणाली के अनुसरण करने की सम्भावना है। अनेक मौसमसूचक मानचित्रों पर विचार कर हम भार प्रणाली के केन्द्र स्थिति को स्थापित करते हैं। यदि भार प्रणाली के केन्द्र की विभिन्न स्थितियों की स्थापना हो जाती है तो चक्रवात के मार्ग का निश्चय हो जाता है। इस प्रकार प्राप्त मार्ग सीधी रेखा या वक्र रेखा भी हो सकती है। यदि मार्ग बिलकुल सीधा है और विगत कई दिनों के लिए प्रणाली की बिन्दु स्थितियाँ बराबर दूरी पर है तो यह प्रदर्शित करता है कि सीधे मार्ग के साथ चक्रवात की गति एक समान है। फिर भी यदि स्थितियाँ ऐसी हैं कि उनके बीच की दूरी कम होती ज ती है तो यह सूचित करता है कि चक्रवात की गति कम हो रही है। इस सीधे एवं स्थिर या कम होती हुई गति के आधार पर अगले १२ या २४ घंटे के लिए चक्रवात की सम्भावित स्थिति निश्चित की जा सकती है।

यदि मार्ग वक्र रेखा में है तो भार प्रणाली की गति सामान्यतः कम होती जायेगी, किन्तु यदि वक्र होने के बाद फिर वह सीधी हो गयी तो गति या तो स्थिर रहेगी, या कम होती जायेगी।

यह स्मरण रखना चाहिए कि 'चक्रवात तथा प्रति-चक्रवात के केन्द्र सामान्यतः उसी गति और गति-वृद्धि से चलते हैं जसा कि आगे के १२ घंटों में थी और चक्रवात केन्द्र जो स्थिर प्रतिचक्रवात की ओर चलते हैं, उनमें गतिरोध आ जाता है और मार्ग उत्तर की ओर तब तक वक्र होता चला जाता है जब तक कि वह प्रति चक्रवात के चारों ओर समभार रेखाओं के समानान्तर नहीं हो जाता।[3]

मार्ग विधि केवल तभी अच्छा परिणाम दे सकती हैं जबकि कई मानचित्र प्राप्त हों। जितनी ही अधिक स्थितियाँ नकशे में दिखायी जाती हैं परिणाम उतना ही अच्छा होता है।

---

1. Pettersen, Introduction to Meteorology, p, 179 (1941)
2. Ibid. p. 9.
3. Ibid. p. 181.

जिओस्ट्राफिक वायु विधि (Geostrophic-Wind-Method)

इस विधि का प्रयोग चक्रवातों की गति निश्चित करने के लिए होता हैं। चक्रवती प्रायः उसी चाल से चलते हैं जिस चाल से उनकी सीमायें (Fronts)। सीमा की चाल जिओस्ट्राफिक वायु से कम होती हैं क्योंकि सीमा (Front) को घर्षण और उर्ध्वाधार गति का भी सामना करना पड़ता है। शीत सीमा की गति प्रायः जिओस्ट्राफिक वायु की गति के ६० से ८० प्रतिशत तक होती है और उष्ण सीमा की गति ७० से ९० प्रतिशत तक होती है। यह नियम केवल मध्य अक्षांसों पर ही लागू होता है।

सम भार प्रवणता विधि (Isollobaric Gradient Method)

हम समभार प्रवणता की गणना कर सकते हैं। यदि प्रवणता एक समान है तो दवाव प्रणाली स्थिर रहेगी। लेकिन यदि प्रवणता वदलती है तो दवाव प्रणाली गतिशील रहेगी। गर्त (Troughs) उठते दवाव से गिरते दवाव को चलते है ओर उभार (Wedge) इसके विपरित दिशा मे चलते हैं। गर्त अथवा उभार की गति सीधे समभार प्रवणता के समानुपात मे होती है और प्रणाली की तीव्रता के विपरीत समानुपात में होती है।

स्थानीय पूर्वानुमान के लिये संकेत (Hints for Local Forecasting)

मौसमी लोकोक्तियों का मूल्यांकन उनके गुण पर होना चाहिए क्योंकि कभी कभी मौसम अनुमान के लिए ये महत्वपूर्ण सुझाव प्रस्तुत करती हैं। यह मूल्यवान इसलिये है कि यह वहुत दिनों के निरीक्षणों पर आधारित रहता हैं। वैज्ञानिक अनुमानक को उतावली में इनकी अवहेलना नहीं करनी चाहिए।

मौसम अनुमान में वैरोमीटर प्रायः अत्यधिक सहयोग देता है। वैरोमीटर में यदि हवा का दवाव कम है तो यह सूचित करता हैं कि मौसम खराव है और दवाव अधिक है तो यह अच्छे मौसम का सूचक है। यह ठीक है कि कभी कभी एनीरायड वैरोमीटर के डायल पर के शब्द "अच्छा, परिवर्तनीय, वर्षा" मौसम की सही अवस्था को सूचित नहीं करते। वास्तविक रीडिंग की अपेक्षा वैरोमीटर की रीडिंग में परिवर्तन निश्चित रूप से अधिक महत्वपूर्ण है। दवाव में शीघ्र और अधिक परिवर्तन वातावरण की अव्यवस्थित दशा का सूचक है जबकि मामूली परिवर्तन उसकी शान्त अवस्था का।

इसी प्रकार मौसम के अनुमान में तापमापक भी सहयोग देता है। यदि दिन में तापमापक के शुष्क वल्व और अर्द्रवल्व के तापक्रम में परिवर्तन कम है तो इसका अर्थ यह है कि हवा नम है और रात में वादलों अथवा कुहरों की आशा है। दूसरी ओर, यदि दिन में दोनों वल्वों के तापक्रमों के वीच अधिक अन्तर रहता है तो रात में विकिरण द्वारा काफी ठंडक पड़ने की आशा है।

यदि कई स्वच्छ रातों मे ओस वहुत कम पड़ी हो किन्तु अन्तिम रात में अत्यधिक ओस पड़ी हो तो इससे सूचित होता है कि हवा की आर्द्रता अचानक बढ़ गई है, अतः मौसम में परिवर्तन होने की सम्भावना है। दूसरी ओर यदि कई क्रमागत रातों में ओस वहुत पड़ती है तो यह अच्छे मौसम चलते रहने का लक्षण है।

मौसम सम्वन्धी लोकोक्तियाँ सूर्य अथवा चन्द्र के प्रकाश मंडल (Halo) के सम्वन्ध में एक महत्वपूर्ण भविष्यवाणी करती हैं और वह भविष्यवाणी यह है कि यह प्रकाश मंडल अवनति दशा का सूचक है। अन्तरिक्ष-विद्या का वैज्ञानिक भी इसमें कुछ सत्य का अंश देखता है। प्रकाश मंडल के दिखाई देने पर वैरोमीटर का गिरना निश्चित रूप से एक बुरे मौसम के आगमन को सूचित करता है लेकिन उस विशेष क्षण मे वैरोमीटर का चढ़ना एक अच्छे मोसम का सूचक है। जब सिरोस्ट्रेटस वादल किसी चक्रवात के अग्रभाग में होते हैं तथा उनके पीछे आल्टोस्ट्रेटस वादल होते हैं तो आल्टोस्ट्रेटस वादलों से सूर्य अथवा चन्द्रमा पर परिमण्डल वन जाता हैं। ऐसी अवस्था यह सूचित करती है कि निकट के १२ घंटों के भीतरही वर्षा होने की संभावना है। यदि सिरस वादल तेज चाल से गतिमान है तो समझ लीजिए कि वे आँधी और तूफान के वाहक हैं और उनकी चाल तूफाव की चाल को निश्चित करती है। सूर्वोदय और सूर्यास्त के समय में आकाश के रंग वायुमण्डल में नमी के परिणाम की उपस्थिति के सूचक है। इस प्रकार इनका उपयोग मौसम-अनुमान के लिए किया जा सकता है।

---

1. Op. Cit., Pettersen, p. 181.

खण्ड ख

मौसम सूचक मानचित्र

मौसम सूचक मानचित्र कागज के एक चपटे पत्र पर समय के किसी विशेष क्षण में ऊपर कथित सभी मौसम के तत्वों को या कुछ तत्वों को प्रदर्शित करता हैं।

भारत का मौसम सूचक मानचित्र (The Indian Weather Map)

दी हुई सूचनायें—भारत के मौसम सूचक मानचित्र मे एक ही पृष्ठ पर तीन चित्र होते हैं, एक वृहद चित्र ऊपर और दो छोटे चित्र नीचे। बड़े मानचित्र पर मौसम के निम्न तत्व दिखाये गये रहते हैं:—

(१) वायु भार (Pressure)—समभार रेखाओं द्वारा दवाव का वितरण दिखाया जाता है। समभार रेखाओं पर मिलीवार में नम्वर पड़े रहते हैं। अधिक भार या न्यून भार के क्षेत्रों पर High और Low लिखा रहता है।

(२) वायु की दिशा—एक तीर द्वारा दिखाई जाती हैं। वायु की गति एक तीर में पंख लगाकर दिखाते है। पंखों की मोटाई और लम्वाई के अनुसार वायु की गति वदलती है। वायु की गति और दिशा सभी स्टेशनों पर नहीं दिखाई जाती, केवल उन्हीं प्रमुख स्टेशनों पर दिखाई जाती है जहाँ वादल रहते हैं। यह ध्यान देने की वात है कि वायु की गति दिखाने का ढंग अन्तर्राष्ट्रीय बूफर्ट ढंग से भिन्न है।

(३) मेघाच्छादन—मेघाच्छादन दिखाने के लिए किसी स्थान पर एक छोटा वृत्त खींच देते हैं और जितना भाग वादल से घिरा हुआ है वृत्त का उतना अंश स्याही से रंग देते हैं। केवल कम तथा मध्यम ऊँचाई के ही बादल दिखाये जाते हैं, अधिक ऊँचाई के नहीं। बादल के मात्रा की नाप आठवें भाग के मापक से की जाती है। मेघाच्छादित आकाश दिखाने के लिए सम्पूर्ण वृत्त को स्याही से रंग दिया जाता है।

(४) वर्षा की मात्रा—उस वृत्त के बाहर जो बादल की मात्रा प्रदर्शित करता है, वर्षा की मात्रा लिख दी जाती है। परन्तु यदि वर्षा की मात्रा ·१७" से कम है तो उसे चिन्ह द्वारा दिखाते हैं। ८॥ वजे प्रातः के मानचित्र पर पिछले २४ घंटों की वर्षा और संध्या के ५॥ वजे के मानचित्र पर पिछले ९ घंटे की वर्षा दिखाते हैं।

(५) मौसम की अन्य घटनायें भी विभिन्न चिन्हों द्वारा दिखायी जाती हैं। ये चिन्ह अन्तर्राष्ट्रीय चिन्हों से कुछ अन्तर रखते हैं। अन्य घटनायें जो दिखाई जाती हैं वे ये हैं: शुष्क कुहासा, धूल की आंधी, बिजली, वर्षा, उपलवृष्टि, वौछार इत्यादि।

(६) समुद्र की दशा—समुद्र की दशा भी मानचित्र पर निश्चित शब्दों द्वारा दिखाई जाती है।

WIND: = 5 KNOTS; = 10 KNOTS; = 50 KNOTS

RAIN Less than 9 cents neglected; — = 0·10" to 0·17"; Rest actual amounts plotted

CLOUD AMOUNT		WEATHER			
1/8 SKY	3/4 SKY	HAZE ∞	LIGHTNING	FOG ≡	SHOWER ▽
1/4 "	7/8 "	DUST DEVIL	SQUALL	DRIZZLE ,	THUNDER STORM
3/8 "	OVER CAST	MIST =	DUST OR SANDSTORM	RAIN •	HAIL △
1/2 "	SKY OBSCURED	SHALLOW FOG	DRIFTING SNOW	SNOW ✳	
5/8 "	— HIGH OR MEDIUM CLOUD; — LOW CLOUD				

चित्र—२५१

भारत के मौसम सूचक मानचित्र पर प्रयुक्त चिन्ह ऊपर दिये हुए चिन्हावली जनवरी १९४९ से प्रयोग में आने लगे हैं। इसके पहिले भारत का मौसम सूचक चित्र बादल की मात्रा नहीं दिखाता था और वर्षा की मात्रा ही वृत्त के अन्दर लिखी जाती थी। वायु की गति तीर पर पंख लगाकर दिखाते थे किन्तु अन्तर्राष्ट्रीय बूफर्ट मापक से यह मापक भिन्न था। मौसम की अन्य घटनायें भी नहीं दिखाई जाती थीं।

नीचे के दो छोटे चित्रों पर न्यूनतम तापक्रम से वास्तविक तापक्रम का विलगाव और प्रायः पाये जाने वाले ८॥ बजे के दवाव (Normal Pressure) से वास्तविक दवाव का विलगाव दिखाया जाता है। यह स्पष्ट है कि वास्तविक तापक्रम चित्र में नहीं दिखाया जाता। अन्तर्राष्ट्रीय मौसम चित्र से तुलना करने पर ज्ञात होगा कि भारतीय मौसम चित्र में बहुत सी बातें नहीं दिखाई जाती। फिर भी नये मौसम चित्रों में पुराने मौसम चित्रों की अपेक्षा काफी उन्नति हुई है।

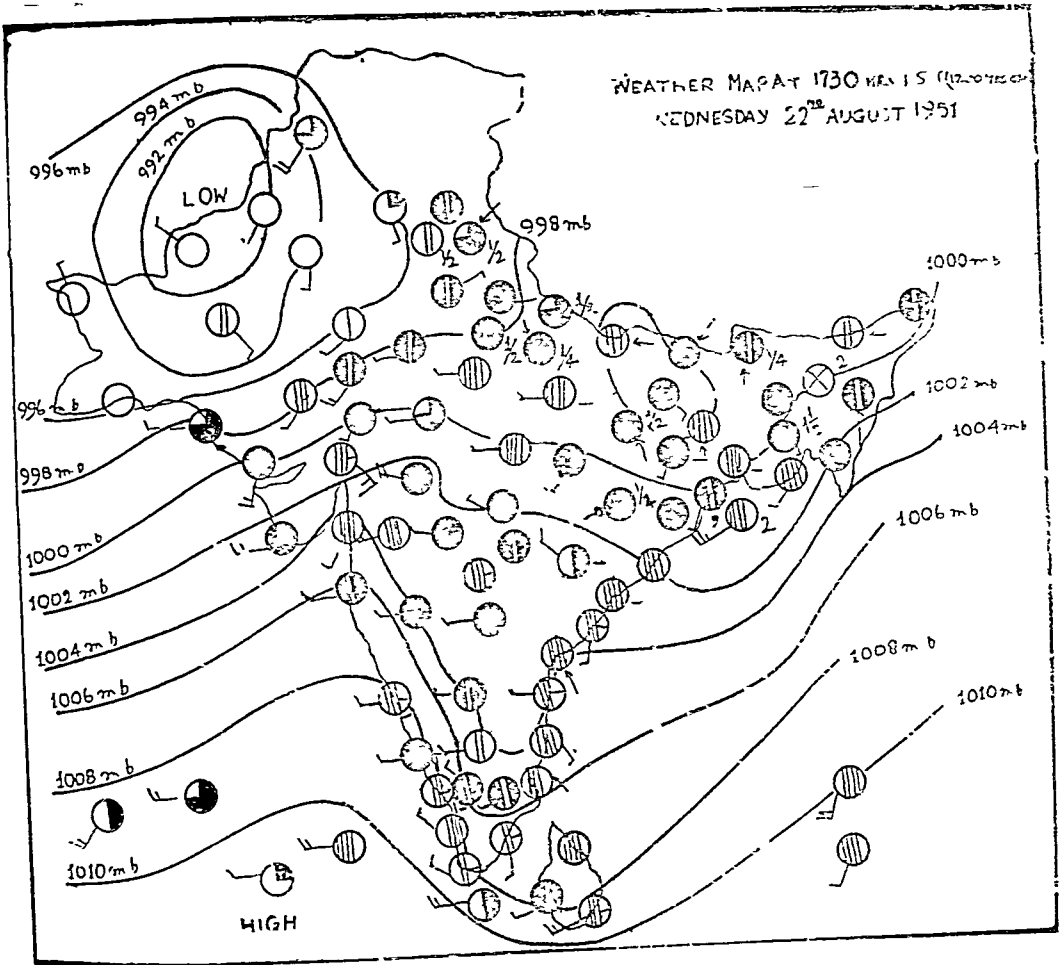
भारत का सामान्य मौसम सूचक मानचित्र (Average Weather Map of India)

दक्षिणी-पश्चिमी मानसून की ऋतु (मध्य जून से मध्य सितम्बर तक का समय):—वर्षा ऋतु की इस अवधि में उत्तर-पश्चिमी पाकिस्तान निम्न दवाव का क्षेत्र होता है। दूसरा न्यून दवाव का क्षेत्र मध्य एशिया है। एशिया के निम्न दावाव का क्षत्र हवाओं को आकर्षित करता है और दूसरे गोलार्द्ध से आने वाली हवाओं से दक्षिणी-पश्चिमी मानसून का निर्माण होता है। दक्षिणी-पश्चिमी मानसून दो भागों में बाँटा जाता है: बंगाल की खाड़ी की शाखा तथा अरब सागर की शाखा। बंगाल की खाड़ी की शाखा द्वारा वर्षा पूर्वी भारत के आसाम, बंगाल, विहार, उत्तर प्रदेश और पजाब में होती है। इस शाखा द्वारा वर्षा उड़ीसा, छोटा नागपुर, मध्य प्रदेश तथा राजस्थान के कुछ भागों में भी होती है। अरब सागर की शाखा द्वारा वर्षा दक्षिणी प्रायःद्वीप के अधिकांश भाग पर होती है। जहाँ मानसून पहिले पहुँचता है वहाँ वर्षा अधिक होती है जैसे आसाम, बंगाल, विहार का पूर्वी भाग और पश्चिमी घाट। कुछ वर्षा पर्वतों के टकराने से होती है तथा कुछ वर्षा चक्रवातों से। केवल ऊँचे भागों पर पर्वत से टकरा कर वर्षा होती है। समतल तथा पठारी भूमि मे चक्रवातों से वर्षा होती है। बंगाल की खाड़ी की शाखा में खाड़ी के सिरो भाग से चक्रवात उठते हैं और दो भागो से होकर पश्चिम की ओर चलते हैं:—

(१) पूर्वी बंगाल में होकर आसाम तक जाकर हिमालय पहाड़ के पास पहुँचते हैं और वहाँ से गंगा की घाटी मे आते हैं। इन्हीं चक्रवातों से गंगा के मैदान में वर्षा होती है।

(२) उड़ीसा, छोटा नागपुर, मध्यप्रदेश में वर्षा करते हुए पश्चिम की ओर चले जाते हैं।

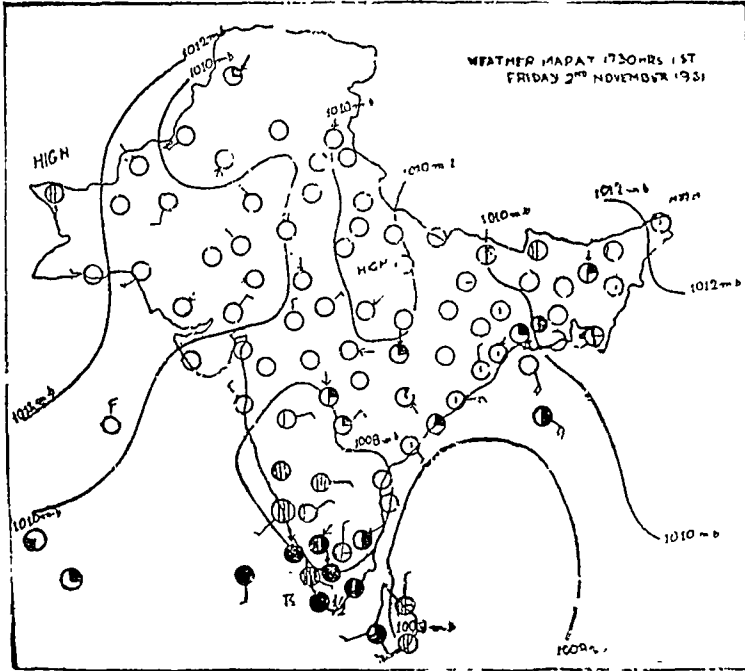
मानसून की अरब सागर शाखा पश्चिमी घाट को पार कर दक्षिण के उच्च समतल भूमि में प्रवेश करती हैं। जिस मार्ग से चक्रवात गुजरते हैं वहाँ वर्षा होती है। जैसे ही चक्रवात गुजर जाते हैं आकाश स्वच्छ हो जाता है और सूर्य की किरणें तेजी से चमकने लगती है। इस प्रकार इस मानसून में मौसम की विशेषता यह होती है कि बारी बारी से यदि आकाश में बादल हुए तो वर्षा होगी और बादल न हुए तो वर्षा न होगी। इस काल का मौसमी चार्ट इस बात को ठीक से चित्रित करता है। इस समय के मौसम सूचक मानचित्र पर उत्तरी-पश्चिमी पाकिस्तान के ऊपर निम्न दाब तथा हिन्द महासागर में प्रायः श्री लंका के पश्चिम उच्च दाब पाया जाता है। इस कारण से उच्च दाब का एक उभार या गर्त बन जाता है और पश्चिमी तट पर विशेष रूप से उसके दक्षिणी में समदाब रेखायें कुछ उत्तर की ओर मुड़ जाती हैं। प्रायद्वीप के दक्षिणी अर्द्ध भाग में ये रेखायें फिर दक्षिणी की ओर मुड़ जाती हैं। पश्चिमी आधे भाग पर ये प्रायः पूरब पश्चिम दिशा में दौड़ती हैं। पूर्व में समदाब रेखाओं की आकृति चक्रवात की उपस्थित पर निर्भर है। उत्तरी प्रायद्वीप को पार करने वाली समदाब रेखायें प्रायः चक्रवात को दक्षिणी भाग में घेरने की कोशिश करती है। यदि चक्रवात नहीं है तो ये प्रायः उत्तर की ओर बंगाल की खाड़ी के ऊपर मुड़ जाती है और हिमालय से ९०° के कोण पर मिलती है।

चक्रवात जो कि पूर्व में उठते हैं वे मार्गो, जिसका वर्णन किया जा चुका है, में से एक का अनुसरण कर सकते हैं। यह निम्न दाब प्रणाली पश्चिम की ओर बढ़ती है और उत्तरी-पश्चिमी पाकिस्तान के ऊपर निम्न दाब से आकर्षित होती है। वर्षा प्रायः सर्वत्र होती है परन्तु चक्रवात के ओर उसकी मात्रा अधिक होती है। इसके चारों ओर हवा घड़ी की सुइयों के विरुद्ध दिशा में बहती है। अन्य स्थानों में फेरेल के नियम (Ferrel's Law) के अनुसार कुछ दाहिने ओर हट कर कुछ नीचे 'ग्रेडिएन्ट' में बहती है। वायु की गति 'दवाव ग्रेडिएन्ट' पर निर्भर करती है। ऊपर दिया गया औसत मौसम का वर्णन नीचे के मानचित्र में दिखाया गया है।

चित्र—२६०

प्रत्यावर्तित मानसून की ऋतु (मध्य सितम्बर से दिसम्बर तक):—जैसे ही मानसून समाप्त होता है पश्चिमी पाकिस्तान का निम्न दाव का क्षेत्र धीरे-धीरे उच्च दाव के क्षेत्र मे बदल जाता है। फलतः प्रतिचक्रवात का मौसम प्रारम्भ हो जाता है। आकाश स्वच्छ हो जाता है और पाकिस्तान तथा भारत के उत्तरी पश्चिमी भाग में सुहावना मौसम हो होता है। फिर भी पूर्व में मौसम उतना सुहावना नहीं होता। पूर्व में आर्द्रता वैसी ही बनी रहती है और वर्षा अक्टूबर तक होती रहती है।

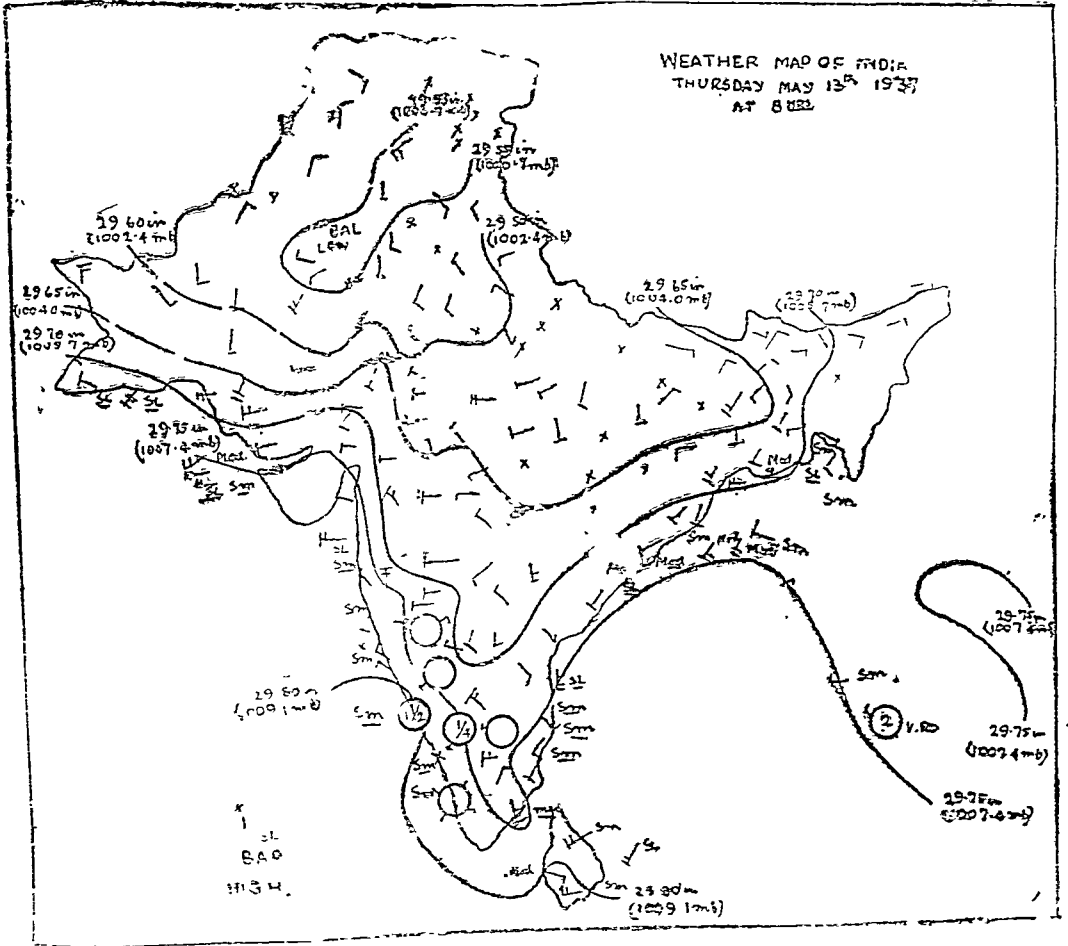
नवम्बर और दिसम्बर में सारे गंगा के मैदान में हवा पश्चिम से पूर्व की ओर बहनी प्रारंभ हो जाती है और पीछे हटता हुआ मानसून दक्षिणी भारत के किनारे पर थोड़ी सी वर्षा करता है।

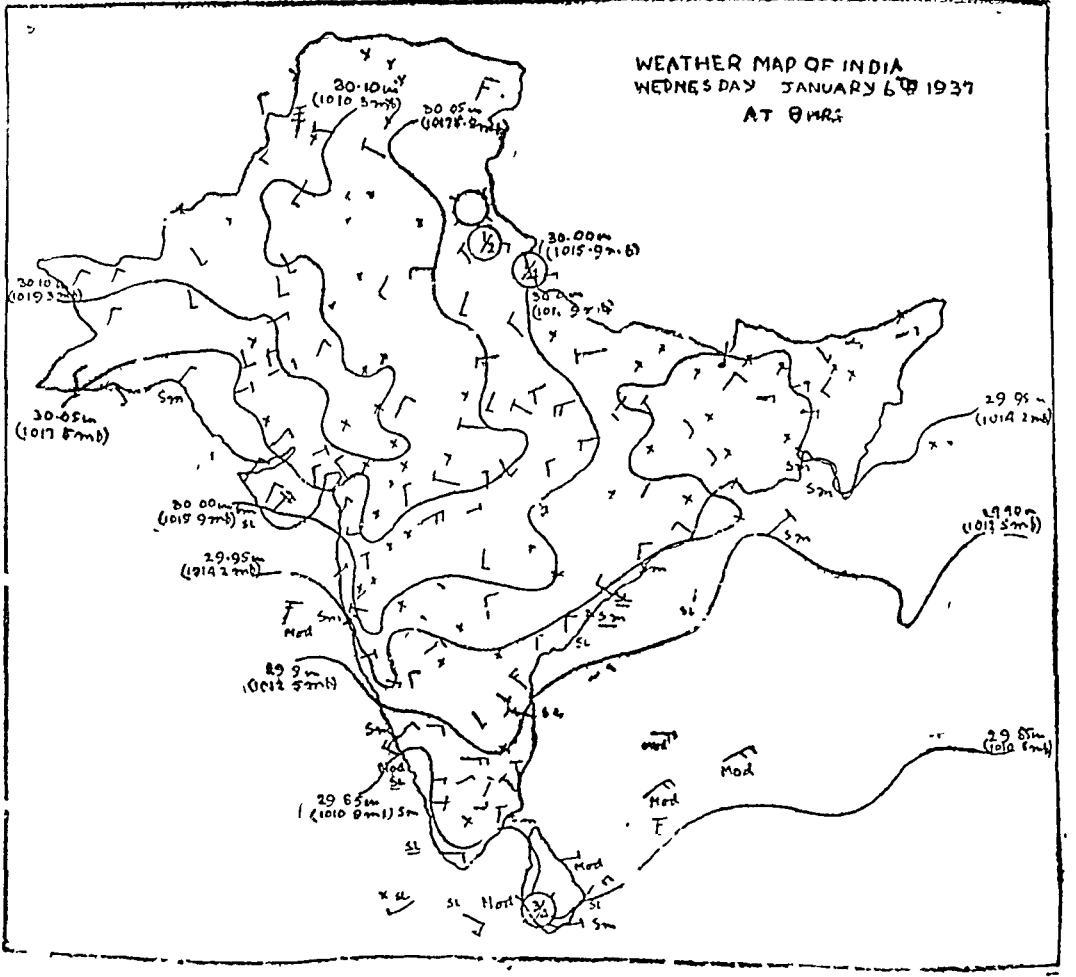
मौसमसूचक मानचित्र द्वारा ये अवस्थायें बहुत ठीक से दिखाई गयी हैं। पश्चिमी पाकिस्तान के उत्तर-पश्चिम में एक उच्च दाव का क्षेत्र अवस्थित रहता है। इस केन्द्र से गंगा के मैदान में उच्च दाव का एक उभार (Wedge) फैला हुआ रहता है, फिर भी यहाँ दवाव ग्रेडिएन्ट बहुत कम रहता है और हवा प्रायः मन्द गति से पूर्व को चलती है। समदाव रेखाये पहले उत्तरी पश्चिमी पाकिस्तान के ऊपर पश्चिम से उत्तर-पूर्व की ओर चलती है और फिर मकरान तट, गुजरात तथा काठियावाड़ से पूर्व-पश्चिम हो जाती है। कुछ दूर तक चलने के पश्चात समदाव रेखाये गंगा के मैदान के ऊपर उत्तर की ओर फैल जाती हैं और कुछ दशाओं मे उत्तर की ओर जाने के बाद उत्तर पश्चिम की ओर चली जाती है और इस प्रकार उच्चदाव के उभार को पूर्ण करती हैं। अन्य समदाव रेखायें जो पहिले दक्षिणी प्रायद्वीप के पश्चिमी किनारे से प्रारंभ होकर दक्षिण पूर्व की ओर मुड़

जाती हैं और फिर धीरे धीरे उत्तर पूर्व की ओर बंगाल की खाड़ी के ऊपर चली जाती है। प्रायद्वीप पर हवा पूर्व से पश्चिम को बहती है। ये उत्तरी-पूर्वी मानसून हवायें नहीं है वरन् दक्षिणी-पश्चिमी मानसून हवायें हैं जिनसे कुछ स्थानों पर वर्षा हो जाती है। श्रीलंका के पूर्व में बंगाल की खाड़ी पर एक निम्नदाव का क्षेत्र अवस्थित रहता हैं। जब गंगा के मैदान पर उच्चदाव क्षेत्र होता है तो पश्चिमी पाकिस्तान तथा पश्चिमी भारत पर फैली समदाब रेखायें उच्चदाब के पश्चिमी किनारे के समानान्तर हो जाती हैं और उनकी दिशा उत्तर-दक्षिण हो जाती है। नीचे के चित्र में देखिये—

चित्र-२६३

जाड़े की ऋतु (जनवरी से मार्च के मध्य तक)—प्रति चक्रवात जो नवम्बर तथा दिसम्बर में उत्तरी-पश्चिमी पाकिस्तान तथा अफगानिस्तान के ऊपर फैला हुआ था, अब भी वर्तमान रहता है। अतः जनवरी तथा फरवरी का समय एक सुहावने मौसम का समय होता है। इन महीनों में धूप काफी होती है और हवा मन्द गति से पश्चिम से पूर्व को चलती है। उच्चदाव का उभार अब भी उत्तर पश्चिम से पूर्व और दक्षिण पूर्व की ओर फैला रहता है। श्रीलंका के पूर्व मे निम्नदाब का क्षेत्र पाया जाता है। पश्चिमी किनारे पर समदाब रेखायें उत्तर-पश्चिम से दक्षिण-पूर्व को चलती हैं और फिर उत्तर पूर्व को मुड़कर श्रीलंका के पूर्व निम्नदाब क्षेत्र पर फैल जाती हैं। इस प्रकार यह सुहावना मौसम दिसम्बर के मौसम के सदृश होता है।

लेकिन कभी-कभी पश्चिम से चक्रवात आ जाते हैं। ये अफगानिस्तान, फारस की खाड़ी या भूमध्य सागर से आ सकते हैं। इनके कारण भारत के पंजाब, उत्तरी राजस्थान, उत्तर प्रदेश और पश्चिमी बिहार तथा पाकिस्तान के सिन्ध, उ० प्र० सीमान्त प्रदेश तथा पंजाब के मौसम में काफी परिवर्तन हो जाता है। आसमान बादलों से छा जाता है, वर्षा होने लगती है और तापक्रम गिर जाता है।

इस समय के मौसमसूचक मानचित्र पर उत्तरी-पश्चिमी उच्चदाव के स्थान पर एक हल्का सा निम्नदाव क्षेत्र बन जाता है। निम्नदाव क्षेत्र की वास्तविक स्थिति चक्रवात पर निर्भर करती है। ये औसत मौसमीय अवस्थाये नीचे के चित्र द्वारा दिखायी गयी है :—

चित्र—२६७

ग्रीष्म ऋतु (मध्य मार्च से जून तक)—अब सूर्य उत्तरी गोलार्द्ध में आ जाता है और गर्मी अत्यधिक बढ़ जाती है; इस कारण भारत के उत्तरी-पश्चिमी भाग और पाकिस्तान के ऊपर निम्न दाव का क्षेत्र बनाना प्रारम्भ हो जाता है। गंगा नदी के मैंदान पर दिन में पश्चिम से पूर्व की ओर लू तेजी से चलने लगती है। निम्नदाव का गर्त (Trough) उत्तरी पश्चिमी निम्नदाव के क्षेत्र से गंगा के मैंदान में फैलता है। उच्च दाव क्षेत्र अरबसागर पर स्थिति रहता है अतः समदाव रेखायें पश्चिमी घाट पर उत्तर से दक्षिण को चलती हैं। मध्य प्रायद्वीप के उत्तरी भाग में समदाव रेखायें अपनी गतिविधि को बदल देती है और मुड़कर उत्तरी-पूर्वी दिशा में चली जाती है। दवाव 'ग्रेंडिएन्ट, का अधिक ढाल नहीं होता और हवा की गति अधिक तेज नहीं होती। नीचे का चित्र देखिए :—

चित्र २६३

भारत के मौसम सूचक मानचित्र का अध्ययन

मौसम सूचक मानचित्र का अध्ययन निम्न विभागों के अनुसार किया जाता है :—

(१) परिचय—दिन, मानचित्र का तिथि, तथा समय, ऋतु आदि।

(२) दवाव का वितरण।

(क) निम्न दवाव के क्षेत्र (Low)
(ख) उच्च दवाव के क्षेत्र (High)
(ग) समदाव रेखाओं की गति विधि (Trend of Isobars)
(घ) दवाव का परिवर्तन (Pressure Gradient)[1]
(ङ) चक्रवात की उपस्थित और मौसम पर उसका प्रभाव।

1. Pressure gradient means the rate of change of pressure in a direction perpendicular to isobars. The gradient is high and steep when isobars are close together, it is gentle when isobars are far apart. The gradient determines wind speed. The closer the isobars the higher the wind speed and *vice versa*. The unit of measurement of gradient is a change of 1/100 inch in 15 nautical miles.

WEATHER MAP AT 0830 HRS. I.S.T (03.00 HRS G.M.T)
TUESDAY 11th SEP 1951

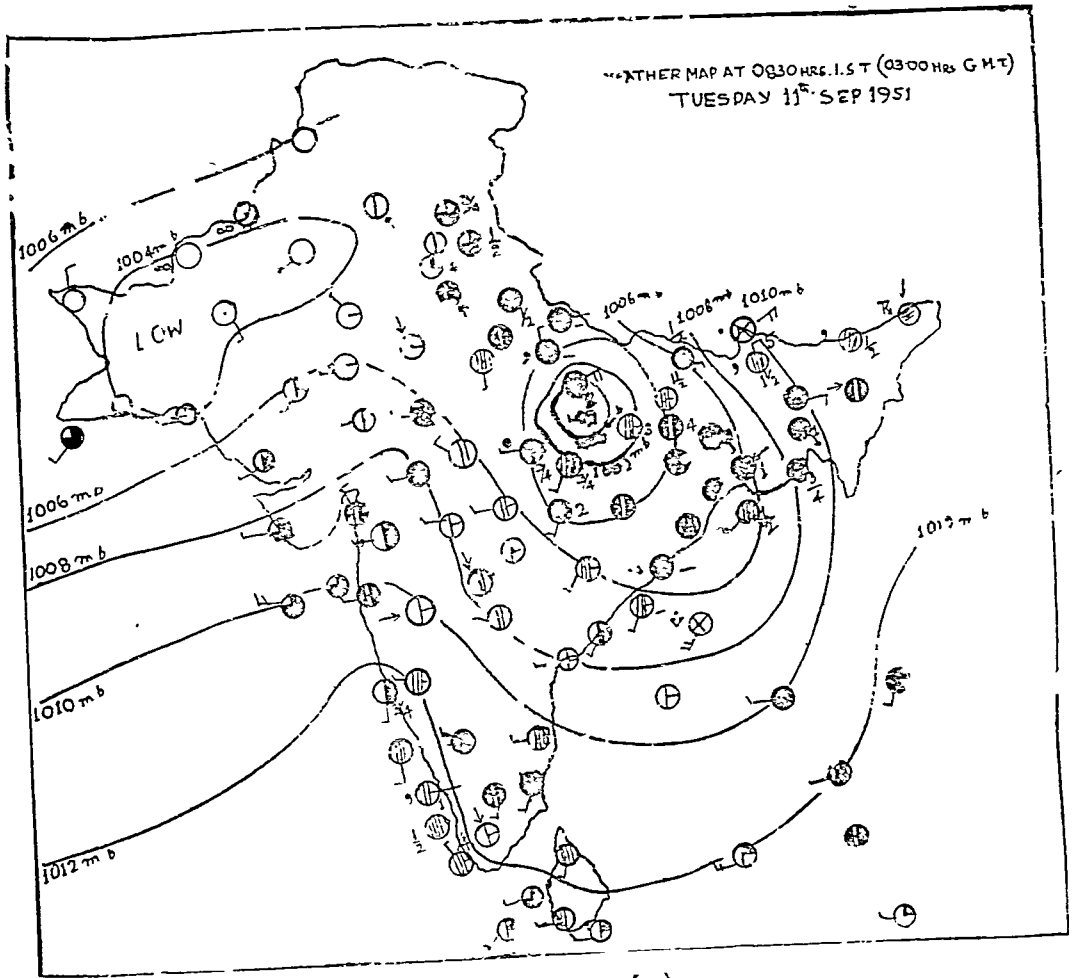
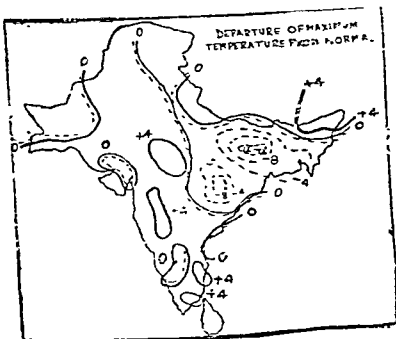
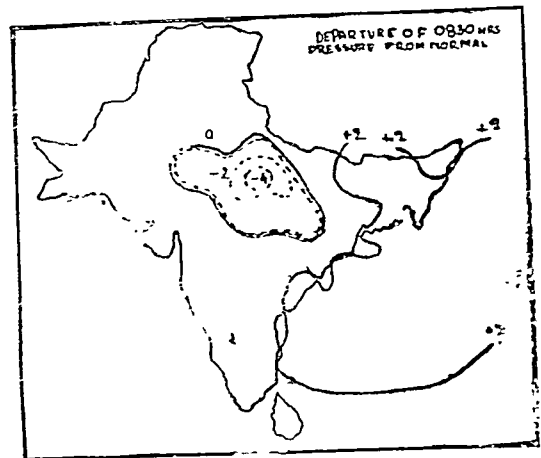
LOW

1004 mb

1006 mb

1008 mb

1010 mb

1012 mb

चित्र २६४ (क)

चित्र २६४ (ग)

चित्र २६४ (ख)

(३) वायु—(क) दिशा (Direction)
(ख) गति (Velocity)

(४) वर्षा का वितरण (Distribution of Rainfall)
(क) साधारण वर्षा के प्रदेश (Areas of General Rainfall)
(ख) अधिक वर्षा के प्रदेश (Areas of heavy Rainfall)
(ग) कम वर्षा के प्रदेश (Areas of Low Rainfall)

(५) बादल—(क) आकाश का मेघाच्छन्न भाग (Amount of Sky Covered)
(ख) बादल के प्रकार (Type of Clouds)

(६) अन्य घटनाएँ—कुहरा, बिजली, आँधी, तुषार, इत्यादि

(७) न्यूनतम तापक्रम का साधारण तापक्रम से विलगाव (Departure of Minimum Temperature from Normal)

(८) दवाब का साधारण दवाब से विलगाव (Departure of pressure from Normal)

(९) समुद्र की दशा (Condition of the Sea)

वर्णन

परिचय—दिया हुआ मानचित्र सितम्बर ११ सन् १९५१ का है। भारत के मानक समय (Standard time) के अनुसार प्रातःकाल ८॥ बजे (ग्रीनविच के मध्यान्हकाल ०३·००) निरीक्षण लिए गए हैं। यह वर्षा का समय है जिसमें दक्षिणी-पश्चिमी मानसून द्वारा वर्षा होती है। यह चित्र पाकिस्तान तथा श्रीलंका की मौसमीय अवस्थाओं को भी सूचित करता है।

भार अथवा दवाव का वितरण

निम्न भार के क्षेत्र—इस समय निम्न भार सिंध के पश्चिमी भाग, पंजाब के दक्षिणी भाग और बलूचिस्तान के ऊपर है। यही क्षेत्र मानसूनी हवाओं को आकर्षित करता है। इस क्षेत्र का भार १००४ मिलीबार है। दक्षिण-पूर्व और उत्तर-पश्चिम में भार बढ़ने लगता है, परन्तु इस निम्न भार क्षेत्र के पूर्व की ओर समभार रेखायें बहुत दूर तक अनुपस्थित हैं।

उच्च भार के क्षेत्र—उच्च भार हिन्द महासागर पर कन्या कुमारी अन्तरीप के दक्षिण में और श्री लंका के दक्षिण में हैं परन्तु यह एक हल्का उच्चभार है और इसकी सीमा मानचित्र पर नहीं दिखाई गई है।

समभार रेखाओं की गति विधि—उच्चभार क्षेत्र की उपस्थिति के कारण दक्षिणी प्रायद्वीप के पश्चिमी तट पर १०१२ मिलीबार की समभार रेखायें उत्तर की ओर मुड़ गई हैं और पश्चिमी घाट के पूर्व की ओर चलकर ये रेखायें फिर दक्षिण की ओर झुकती है। १०१० मिलीबार, १००८ मिलीबार तथा १००६ मिलीबार की समभार रेखायें भी इसी गतिविधि को प्रकट करती है, यद्यपि उनमें वक्रता कुछ कम होती है। उत्तर की ओर झुकने के पश्चात दक्षिण में वे इनकी वक्रता कुछ थोडी हो जाती है। फिर ये उत्तर की ओर मुड़ जाती हैं। इस प्रकार की गतिविधि उस चक्रवात से नियंत्रित है जो पूर्वी विन्ध्य प्रदेश और दक्षिणी उत्तर-प्रदेश के ऊपर विद्यमान है।

चक्रवात—पूर्वी मध्य प्रदेश और उसके आस-पास के दक्षिणी उत्तर प्रदेश के भाग के ऊपर यह चक्रवात उपस्थित है। इसका केन्द्र बिन्दु सतना से १०० मील पूर्व की ओर है। चक्रवात की समभार रेखायें वृत्ताकार हैं। सबसे निम्न समभार रेखा १००० मिलीबार की है। जिस प्रदेश के ऊपर यह चक्रवात है वहाँ के मौसम के ऊपर इसका बहुत प्रभाव पड़ता है। इसका मुख्य प्रभाव वर्षा, वायु और बादलों की उपस्थिति में है। इसका वर्णन नीचे किया जायेगा।

भार-प्रवणता (Pressure Gradient)—भार-प्रवणता समभार रेखाओं की निकटता या दूरी पर निर्भर है। पूर्वी पंजाब, उत्तर प्रदेश का पश्चिमी भाग, उत्तरी और पूर्वी राजस्थान में भार प्रवणता बहुत कम है। इसका प्रमाण यह है कि मध्यप्रदेशस्थ चक्रवात और पाकिस्तान के निम्न भार क्षेत्र में कोई समभार रेखा नहीं है। दोनों निम्न भार क्षेत्र १००४ मिलीबार के समभार रेखाओ से घिरे हुए हैं। अतः यह प्रदर्शित

करता है कि दोनों के बीच भार का अन्तर बहुत कम है। प्रायद्वीप के ऊपर भार-प्रवणता कम है। चक्रवात के उत्तरी और पश्चिमी किनारे पर भार-प्रवणता अधिक है। कारण यह है कि यहाँ समभार रेखायें पास आ गई हैं।

वायु—लगभग सम्पूर्ण देश पर भार परिवर्तन कम होने से वायु की गति मंद है। प्रायः ५ नाट्स (Knots) प्रति घंटा है। कुछ स्थानों पर जैसे मध्य भारत, और उड़ीसा के कुछ स्थान और समुद्र पर बम्बई के पश्चिम तथा विजगापट्टम के पूर्व में वायु की गति अधिक है। प्रायद्वीप के ऊपर उत्तरी बम्बई प्रदेश, सोराष्ट्र और पश्चिमी मध्य प्रदेश में वायु की गति पश्चिम से पूर्व को है। बंगाल, आसाम, विहार, मध्य प्रदेश और उत्तर प्रदेश ने वायु की दिशा चक्रवात से नियन्त्रित है। इसलिए बंगाल और विहार में दक्षिण पूर्व से, आसाम उ० प्र० और उत्तरी विहार में पूर्व से और पूर्वी मध्य प्रदेश में दक्षिण से हवा बहती है।

वर्षा का वितरण—चक्रवात के कारण पश्चिमी बंगाल, उड़ीसा, छोटानागपुर, विहार, पूर्वी उत्तर प्रदेश और पूर्वी मध्य प्रदेश में वर्षा अधिक हो रही है। छोटानागपुर के कुछ स्थानों में भी वर्षा अधिक हो रही है। कोंकण, मालाबार, दक्षिणी कनाडा में विस्तृत वर्षा हो रही है तथा आसाम, पश्चिमी उत्तर प्रदेश, और पूर्वी पंजाब एवं पश्चिमी मध्य प्रदेश में स्थानीय वर्षा हुई है। अधिक वर्षा के स्थान निम्न है :—

दार्जिलिंग ४.९", हजारी बाग ४.१", बालासोर, ३.१", डालटनगंज ३.१", राँची २.९", आसनसोल १.९", तथा इलाहाबाद १.८"।

मेघाच्छादन—प्रायद्वीप के पश्चिमी किनारे पर बादल छाये हुए हैं। इसी प्रकार पूर्वी किनारे पर बंगाल, आसाम, उत्तर प्रदेश, विन्ध्यप्रदेश (अब मध्य प्रदेश का अंग) इन सभी स्थानों पर आकाश के कुछ अंश बादलों से घिरे हैं। पूर्वी बंगाल, पश्चिमी बंगाल, आसाम विहार, उत्तर प्रदेश के ऊपर बादल आकाश को पूर्ण आच्छन्न किए हुए हैं। पूर्वी उत्तर-प्रदेश, विहार और विन्ध्य-प्रदेश के पूर्वी भागों में ऊँचे बादल भी मौजूद हैं। बम्बई प्रदेश में आधे से तीन चौथाई तक आकाश बादलों से घिरा है। प्रायद्वीप के ऊपर ऊँचे और मध्य के बादल स्थित है। राजस्थान, पश्चिमी पंजाब, पूर्वी पंजाब तथा पश्चिमी पाकिस्तान के प्रदेश में बादल बहुत कम या लगभग नहीं के बराबर है।

मौसम की अन्य घटनाएं—डिबरूगढ़ में बर्फ युक्त आँधी चल रही है और तेजपुर तथा मंगलोर में हल्की फुहार पड़ रही है।

न्यूनतम तापक्रम का साधारण तापक्रम से विलगाव—(Departure of Minimum temperature from Normal)—देश के बहुत बड़े भाग मे तापक्रम का विलगाव बहुत कम है। इसके केवल दो अपवाद है। विहार में ऊपर तापक्रम ४° से कम है और दक्षिणी पूर्वी मद्रास तथा आसाम में न्यूनतम तापक्रम पाये जाने वाले या साधारण तापक्रम से ४° F अधिक है।

भार का विलगाव (Departure of 08-30 Hrs Pressure from Normal)—देश के पश्चिमी भाग तथा पश्चिमी पाकिस्तान मे प्रायः पाये जाने वाले भार से विद्यमान भार थोड़ा कम है। बलूचिस्तान के छोटे से हिस्से में भार दो मिलीबार कम है। विन्ध्य प्रदेश, विहार, उत्तर प्रदेश में भार २ से ४ मिलीबार तक कम है। देश के शेष भाग में भाग २ मिलीबार अधिक है।

समुद्र की दशा—मानचित्र में नहीं दिखाई गई है।

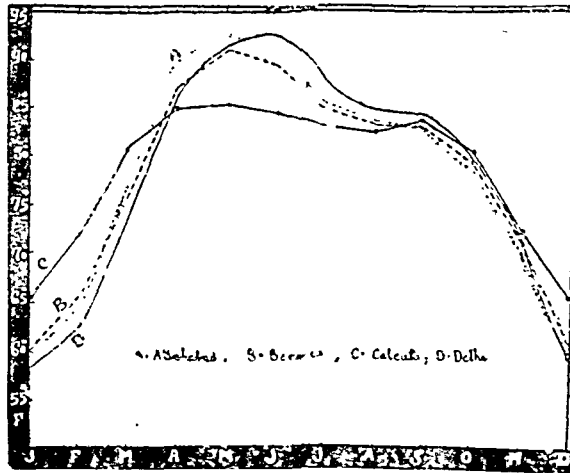
खण्ड ग

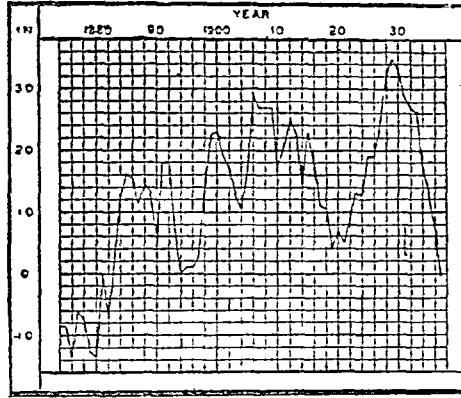
जलवायु सम्बन्धी मानचित्र तथा चित्र

यह स्मरण रखना चाहिए कि जलवायु सम्बन्धी मानचित्र तथा चित्र मौसम सूचक मानचित्रों से भिन्न हैं।
प्रथम भिन्नता तो यह है कि ये स्वाभाविक रूप में पाये जाने वाली मौसमीय दशाओं को चित्रित कर मध्यम
मानों को प्रस्तुत करते हैं। दूसरी यह कि ये इस अर्थ में अधिक निर्दिष्ट हैं कि इनका सम्बन्ध किसी
विशिष्ट देश से रहता है जबकि मौसम सूचक मानचित्र अपने प्रकृत रूप में अनेक मौसमीय भागों का मिश्रण
है। जलवायु सम्बन्धी अलग २ मानचित्रों का निर्माण तापक्रम, भार तथा वर्षा की तालिका को दिखाने के लिए
किया जाता है। तापक्रम, भार तथा वर्षा क्रमशः समताप रेखाओं, समभार रेखाओं तथा समवृष्टि रेखाओं
द्वारा दिखाये जाते हैं। इसके अतिरिक्त जलवायु सम्बन्धी तालिका के प्रदर्शन के लिए अनेक प्रकार के ग्राफ
तथा चित्र प्रयुक्त किये जाते है। नीचे हम जलवायु सम्बन्धी कुछ प्रमुख चित्रो पर विचार विमर्श।

रेखा चित्र (Line Graphs)

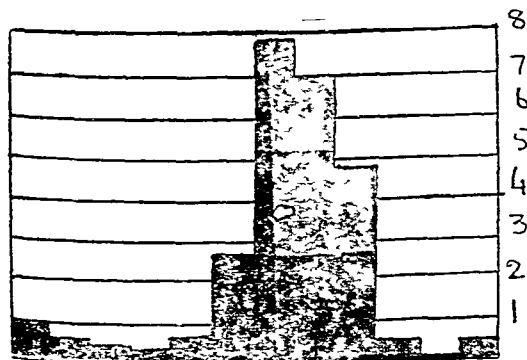
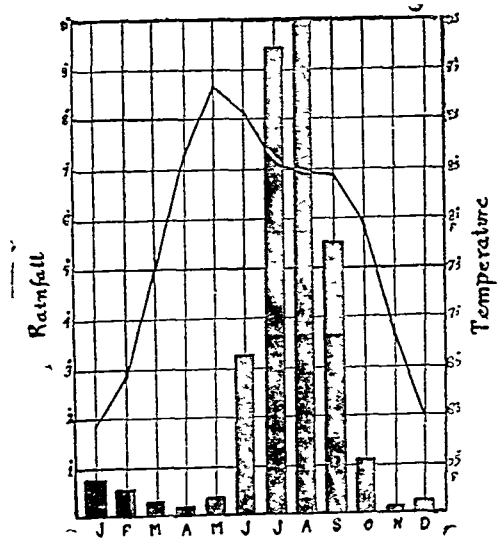
जलवायु की विभिन्न दशाओं के चित्रात्मक स्पष्टीकरण में रेखा चित्रों का प्रयोग बहुधा होता रहा है। प्रायः तापक्रम और आर्द्रता आदि की मात्रा y-अक्ष के सहारे तथा समय (महीने अथवा वर्ष आदि) x–अक्ष के सहारे दिखाये जाते हैं। यदि चित्र में केवल एक तत्व एक वक्र रेखा से दिखाया जाता है तो उसे साधारण रेखा चित्र कहते हैं और यदि तुलना के लिए उसी चार्ट पर विभिन्न स्टेशनों के लिए कई रेखा चित्रों का सहारा लिया जाता है तो उसे बहु रेखा-चित्र (Polygraph) कहते हैं। उदाहरणार्थ, नीचे दिये स्टेशनों के औसत मासिक तापक्रम का बहु-रेखा चित्र हम तैयार कर सकते हैं जैसा कि चित्र २६८ में दिया हुआ है।

माह	ज	फ	मा	अ	म	जू	जु	अ	सि	अ	न	दि
इलाहाबाद	५९·५	६४·९	७६ ८	८७·६	९२·५	९०·८	८४·५	८३·२	८३·०	७७·६	६७·५	५९·८
वाराणसी	६०·०	६५·३	७६ ६	८६·८	९१·३	८९·४	८४·१	८३·१	८३·०	७७·९	६७·८	६२·२
कलकत्ता	६१·२	७०·३	७९·३	८५·०	८५·७	८४·५	८३·०	८२·४	८२·६	८०.०	७२·४	६५·३
दिल्ली	५७·९	६२·२	७४·१	८६·२	९१·७	९२·२	८६·४	८४·५	८३·९	७८·५	६७·६	५९·६

चित्र २६८—तापक्रम बहु रेखा चित्र

जलवायु की गतिविधि प्रदर्शित करने के लिए रेखा चित्र सबसे उपयुक्त साधन हैं। किसी एक तत्व जैसे वर्षा या तापक्रम को एक लम्बे समय के लिए विभिन्नता दिखाने के हेतु चित्र पर खींच सकते हैं। उदाहरणार्थ, एक गतिविधि प्रदर्शक वक्र चित्र द्वारा जैसा कि चित्र २६९ में दिखाया गया है, हम १८७४ से १९३७ तक के डाज नगर (Dodge city, Kansas) पर होने वाली वार्षिक वर्षा के विलगावों के सम्मिलित योगों को प्रदर्शित कर सकते हैं।

चित्र २६९

डाज नगर वार्षिक वर्षा के विलगावों का सम्मिलित योग

अर्गला चित्र अथवा स्तम्भ चित्र (Bar Graphs or Columnar Diagrams)

स्थान-विशेष की वर्षा को अर्गलाओं द्वारा दिखाया जा सकता है। महीने क्षैतिज रेखा के सहारे लिए जाते हैं और इस रेखा के दोनों किनारों पर दो लम्ब खड़े किए जाते हैं जो वर्षा को इंचों में अथवा सेन्टीमीटरों में नापते हैं। क्षैतिज रेखा पर अलग से उर्ध्वाधर अर्गलाये प्रति माह की वर्षा को प्रदर्शित करने के लिये खींची जाती हैं। चित्र नं० २७० से यह स्पष्ट हो जायेगा।

चित्र २७०

चित्र २७१

सम्मिलित रेखा-तथा-अर्गला चित्र (Combined Line-and-Bar Graph)

किसी विशेष स्थान की वर्षा और तापक्रम की तालिका प्रायः एक सम्मिलित रेखा तथा अर्गला चित्र से दिखाये जाते है। औसत मासिक तापक्रम एक वक्र रेखा द्वारा तथा औसत मासिक वर्षा अलग अर्गलाओं द्वारा दिखाये जाते हैं। इस प्रकार, कानपुर का नीचे दिया हुआ तापक्रम तथा वर्षा, जैसा कि चित्र २७१ में दिखाया गया है, दिखाया जा सकता है :—

महीना	ज०	फ०	मा०	ग्र०	म०	जू०	जु०	ग्र०	सि०	ग्र०	न०	दि०
तापक्रम (फा०)	५८·८	६३·९	७४·९	८७·०	९२·६	९०·९	८५·६	८३·०	८३·४	७७·४	६७·८	५९·९
वर्षा (इंच)	०·६	०·५	०·३	०·२	०·४	३·१	९·७	१०·२	५·५	१·२	०·२	०·३

क्लाइमेटो ग्राफ[1] (Climatograph)

जलवायु सम्बंधी घटनाओं के लिये चार्ट के इस नये रूप का प्रतिपादन इ० एन० मुन्स (E. N. Muns) ने किया तथा उसके पश्चात् ग्रार० हार्टशोर्न (R. Hartshorne) ने उसे विस्तृत किया। इससे किसी विशेप स्टेशन के औसत मासिक तापक्रमों की विभिन्नता को चित्रित करने के लिए एक वृत्तात्मक चित्र का प्रयोग किया जाता है। ग्रत: इसे 'थर्मोग्राफ' या 'तापचित्र' के नाम से भी सुवोधित किया जा सकता है वृत्त के केन्द्र से वाहर की ओर सक विशिष्ट तालिका की सहायता से चित्र वनाया जाता है। विशिप्ट तालिका निम्न गुरु पर ग्रधारित रहती है :—

$$r = \frac{\times (\text{Colog. } t)}{१००}$$ (जहां X वृत्त के केन्द्र से ०°F की दूरी प्रकट करता है; t°F विशेप मासिक तापक्रम को प्रकट करता है और r तापक्रम विन्दु से केन्द्र की दूरी है, जिसे निकालना है।

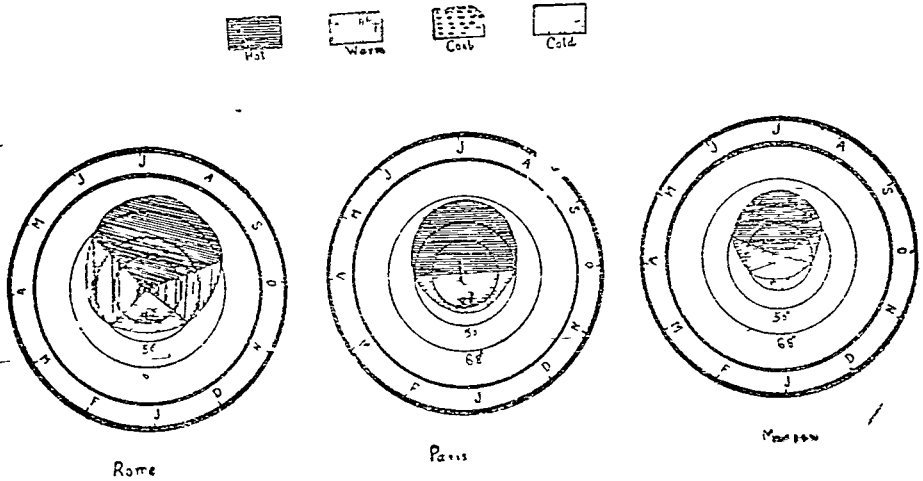
°F	११०	१०५	१००	९५	९०	८५	८०	७५
Colog. t/१००	१२·५९	११·७२	१०·०	८ ९१	७·९४	७·०८	६·३१	५·६२
°F	७०	६५	६०	५५	५०	४०	३०	२०
Colog. t/१००	५·०१	४·४७	३·९८	३·५५	३·१६	२·५१	२·०	१·५९
°F	१०	०	–१०	–२०	–४०	–६०	–१००	
Colog. t/१००	१·२६	१ ००	०·७९	०·६३	० २५	०·२५	०·१०	

(After Monkhouse and Wilkinson)

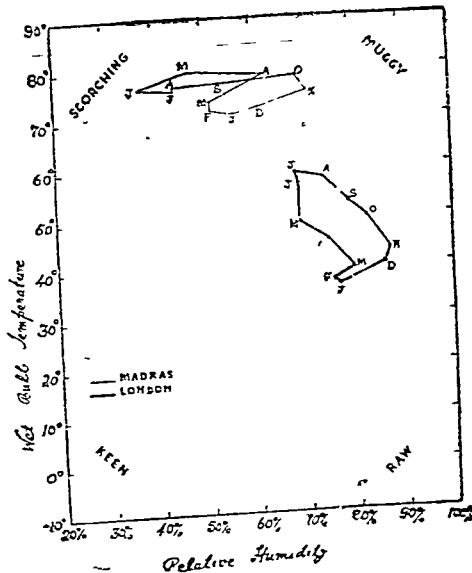
३०°F, ५०°F तथा ६८°F के Critical तापक्रम एक केन्द्रिक वृत्तों से चिन्हित किये गये हैं जो साधारण उष्ण, मन्दोष्ण, समशीत तथा अधिक शीत के ऋतुओं को सीमित करने में योग देते हैं। क्लाइमेटोग्राफ का

---

1. Raisz has used this term as a synonym for climograph : vide Raizs, "General Cartography" (1948), p. 244. The term 'Thermograph' appears at various places in "The Introduction to Climate" by Trewartha.

प्रयोग कई प्रतिनिधि स्टेशनों के जलवायु के तुलनात्मक अध्ययन के लिये उपयुक्त होता है जैसा कि नीचे के चित्र में दिखाया गया है :—

चित्र २७२

क्लाइमोग्राफ ([1]Climograph or Climogram)

क्लाइमोग्राफ एक ऐसा चित्र है जो जलवायु के दो परिवर्तनशील तत्वों को (मासिक औसत) प्रदर्शित करता है जिसमें से एक X अक्ष के सहारे तथा दूसरा Y अंक्ष के सहारे दिखाया जाता है। प्रतिफलत बारह भुजाओं का चित्र उस विशेष स्टेशन के जलवायु का एक सामान्य सूचक चित्र प्रस्तुत करता है। इसके चार विशेषज्ञ फास्टर (Foster), हन्टिंगटन (Huntingtcn), लेली (Leighly) तथा रेज (Raizs) इस मौलिक विचार पर एक मत है कि जलवायु-चित्र (Climograyh) का सम्बन्ध वर्षा और तापक्रम से है. जब कि इसके विरोध मे जी० टेलर (G Taylor) का कथन है कि जलवायु चित्र को आर्द्रबल्ब तापक्रमों तथा

चित्र २७३—मद्रास और लंदन के जलवायु-चित्र

1. Monkhouse and Wilkinson : Maps and Diagrams, p. 160 (1956)

आपेक्षिक आर्द्रता के सम्बन्धों को प्रदर्शित करना चाहिये। टेलर के दृष्टिकोण ने मानचित्र जगत में अपना एक स्थान बना लिया है और अब वह परम्परागत हो गया है।[1]

टेलर का जलवायु-चित्र आर्द्रबल्ब तापक्रमों को (–१०° से ९०°F) X—अक्ष के सहारे तथा आपेक्षिक आर्द्रता (२०% से १००%) को Y—अक्ष के सहारे प्रदर्शित करता है। बारह बिन्दुओं में से प्रत्येक एक विशिष्ट महीने के प्रथम अक्षर से चिन्हित हैं। चारों कोने—उत्तरी-पश्चिमी, उत्तरीपूर्वी, दक्षिणी-पश्चिमी, दक्षिणी-पूर्वी—क्रमशः Scorching,[2] Muggy, Keen and Raw शब्दों से चिन्हित हैं। ये जलवायु के तुलनात्मक अध्ययन के लिये बहुत लाभदायक होते हैं क्योंकि ये साधारण जलवायु की सूचना देते हैं जो विहंगम दृष्टि पर भी समझ में आ सकता है।

निम्नांकित तालिका से मद्रास और लन्दन के जलवायु-चित्र खींचिये।

	माह	ज०	फ०	मा०	अ०	म०	जू०	जु०	अ०	सि०	अ०	न०	दि०
मद्रास	आर्द्रबल्ब ताप (फा०)	७१.३	७२.१	७४	७८.८	७९.९	७६.६	७६	७७	७७.५	७८.५	७५.५	७२.५
	आ० आ० (%)	५६	५१	५१	६१	४७	३७	४४	४४	५३	६९	७१	६१
लन्दन	आर्द्रबल्ब ताप० (फा०)	३६	३७	३९	४५	४६	५७	५९	५८	५३	५०	४३	४०
	आ० आ० ( )	७७	७६	८०	७१	६९	६९	६८	७४	७९	८३	८८	८७

X—अक्ष के सहारे आपेक्षिक आर्द्रता तथा Y—अक्ष के सहारे आर्द्रबल्ब के तापक्रम को दिखाने के लिये कोई उपयुक्त मापक चुनिये। मद्रास के लिये ५६% (आ० आर्द्रता) तथा ७१·३ °F का बिन्दु 'ज' जनवरी महीने के लिये चिन्हित कीजिये। इसी प्रकार शेष ग्यारह बिन्दुओं को भी चिन्हित कीजिये। बारह भुजा की आकृति जो प्राप्त होगी वह मद्रास का जलवायु चित्र होगा। इसी चार्ट पर लन्दन का जलवायु चित्र भी प्राप्त किया जा सकता है। अब दोनों जलवायु चित्रों की तुलना कीजिये।

हीदरग्राफ (Hythergraphs)

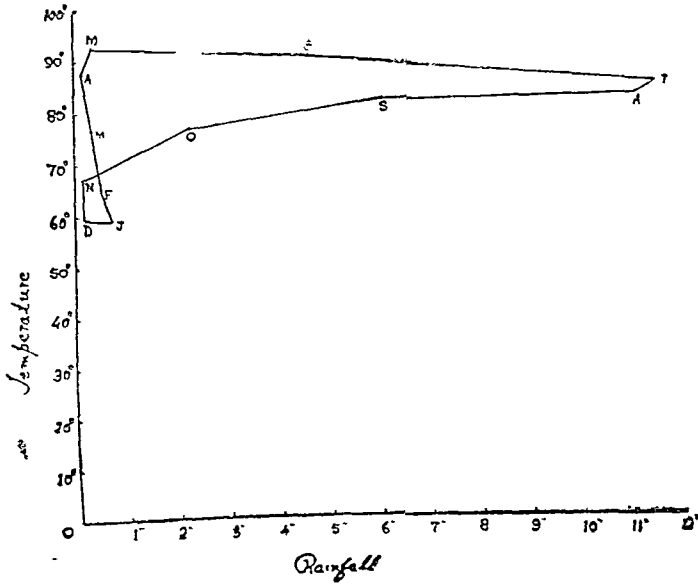
जी० टेलर द्वारा बनाया हुआ हीदरग्राफ और कुछ नहीं वरन् रेज, फास्टर तथा हन्टिंगटन द्वारा निर्धारित जलवायु चित्र (Climogragh) ही है। इस दशा में बारह मासिक बिन्दुओं में से प्रत्येक तापक्रम और वर्षा के सम्बन्ध को प्रकट करते हैं। यहाँ तापक्रम उर्ध्वाधर अक्ष के सहारे तथा वर्षा क्षैतिज के अक्ष सहारे दिखाये जाते हैं। इनका मुख्य उपयोग साधारण जलवायु सम्बन्धी विभिन्नताओं को दिखाने के लिये किया जाता है क्योंकि जलवायु का अन्तर मानव जीवन को, विशेष रूप से बसने के संबंध में, अत्यधिक प्रभावित करता है। ये ऊपर कथित वर्षा तथा तापक्रम के मिश्रित चित्रों से श्रेष्ठतर होते हैं, क्योंकि ये वर्षा और तापक्रम के सम्बन्ध शीघ्र बोधगम्य बनाने में योग देते हैं। इसके अतिरिक्त तुलनात्मक अध्ययन के लिये बहुत उपयुक्त होते हैं।

---

1. Miller, A., "The Skin of Earth, p. 162. (1953)
2. Scorching means high temp. (70°—80°) and low R. H. (below 40%)
   Muggy means high temp (70°—80°F) and high R. H. (over 70%)
   Keen means low temp. (below 40°F) and low R. H. (below 40%)
   Raw means low temp. (below 40°F) and high R. H. (over 72%)

उदाहरण—निम्नांकित इलाहाबाद की जलवायु तालिका के प्रदर्शन के लिये एक हीदरग्राफ खींचिये।

मास	ज०	फ०	मा०	अ०	म०	जू०	जु०	अ०	सि०	अ०	न०	दि०
तापक्रम (फा०)	५९·५	६४·९	७६·८	८७ ६	९२ ५	९०·८	८४ ५	८३·२	८३	७७·६	६७·५	५९·८
वर्षा (इंच)	०·५	०·५	० ३	०·१	०·३	४·५	११·४	११·१	६·०	२·२	०·२	०·२

वर्षा को X—अक्ष के सहारे तथा तापक्रम को Y—अक्ष के सहारे दिखाने के लिये कोई उपयुक्त मापक चुनिये। ०·७" वर्षा के लिये तथा ५९·५°F तापक्रम के लिये विन्दु निर्धारित कीजिये और वहाँ जनवरी के लिये 'ज' अक्षर लिखिये। इसी प्रकार शेष ग्यारह विन्दुओं को भी निर्धारित कीजिये। अब १२ भुजीय आकृति प्राप्त करने के लिये विन्दुओं को क्रम से मिलाइये। यही इलाहाबाद का हीदरग्राफ होगा।

चित्र २७४—इलाहाबाद की हीदरग्राफ

अध्याय ८

स्थलाकृति मानचित्रों का अध्ययन और व्याख्या

(Study and Interpretation of Topographical Maps)

इसमे कोई सन्देह नहीं हैं कि स्थलाकृति मानचित्र (Topographical Maps) मानचित्र रचना की सर्वोत्कृष्ट सफलता है। इसे यदि दृश्य-मानचित्र. कहा गया है यह उचित ही है, क्योंकि यह भू-आकृतियों-इसके प्राकृतिक रूपों (नदियाँ पहाड़, झील आदि) तथा सांस्कृतिक रूपों (मकान, सड़क रेलवेलाइन आदि)—का प्रतीकात्मक चित्र प्रस्तुत करता है। इस तरह भू-पत्र (Tope-sheet) मनुष्य और वातावरण के पारस्परिक सम्वन्धों के लिये एक सुविधा जनक साधन प्रस्तुत करता है। भूगोल वेत्ता का यह विशेष कर्तव्य है कि वह इसकी व्याख्या करे तथा विस्तृत रूप में रखे। वास्तव में स्थलाकृति-मानचित्र साघ्य का साधन मात्र है। "ये एक ऐसे मूलाधार हैं जिन पर मानव कार्यो को प्रभावित करने वाली अनेक समस्याओं का अध्ययन एवं परीक्षण हो सकता है तथा उन समस्याओं के समाधान के लिये योजनाएँ वनाई जा सकती हैं। किसी क्षेत्र में स्थलाकृति मानचित्रों की कमी के कारण उस क्षेत्र के विकास में विलम्ब होता है और योजना सम्वंधी कार्यों में अधिक व्यय हो जाता है। ऐसे मानचित्रों की अधिकृति उन्नति आर्थिक योजनाओं को सुनिश्चित करता हैं और उन्नति के संसाधनों के लिये सम्भावनाओं का रहस्यउद्‌घाटन करता है जो कि इसके अभाव में अज्ञात ही रह जाती।"[1]

स्थलाकृति-मानचित्रों को इतना महत्वपूर्ण स्थान देने का कारण है उनके दो मोलिक गुण—एक शुद्धता (Accuracy) तथा दूसरा सूचनाओं की यथेष्टता। स्थलाकृति मानचित्र विस्तृत स्थलाकृतिक सर्वेक्षण के परिणाम हैं। ये "परम्परागत चिन्हों" द्वारा स्थल की आकृति की विस्तृत सूचना देते हैं। जैसे कि स्थलाकृतिक रूपों प्राकृतिक एवं सांस्कृतिक की संख्या वहुत अधिक हैं। वैसे ही उनको मानचित्र पर प्रदर्शित करने वाले चिन्हों अथवा प्रतीकों की संख्या भी वहुत अधिक है। सम्पूर्ण 'परम्परागत चिन्ह' भारत के सर्वेक्षण विभाग द्वारा एक पत्र पर प्रकाशित हैं जिसे "विशेषता सूचक पत्र" (Characteristics sheet) कहते हैं। किन्तु शुद्धता, सुपाठ्यता तथा विस्तारों के वीच संतुलन स्थापित करने के लिये, जो कि चित्र में दिखाये जा सकते हैं, "परम्परागत चिन्हों की संख्या, उनके आकार तथा विशेषतायें मानचित्र के मापक तथा वस्तु के अनुकूल जिसके लिये ये वने हैं. वदलती रहती है।"[2]

भारत के सर्वेक्षण विभाग द्वारा प्रकाशित मानचित्र

भारत का सर्वेक्षण विभाग सन १७२६ में स्थापित हुआ था। इस विभाग ने कई प्रकार के मानचित्र प्रकाशित किये हैं।

(१) **दक्षिण एशिया की माला** (Southern Asia Series)—इस परिपाटी में ये देश या उनके कुछ भाग सम्मिलित हैं: ईरान, अफगानिस्तान, अरव, चीन, भारत, ब्रह्मा, हिन्दचीन, थाईलैण्ड, और सिंगापुर। प्रत्येक पत्र में अक्षांस के ८° तथा देशान्तर के १२° होते हैं। इनका मापक १ : २०,००,००० है।

(२) **भारत तथा उसके समीपवर्ती देशों की माला** (India and Adjacent Countries Series)—इस मानचित्र परिपाटी में भारतवर्ष तथा उसके आस-पास के देशों के चित्र हैं। इनका माप १ . १,०००,००० है और इनमें ४° अक्षांस ओर ४° देशान्तर की दूरियाँ दिखाई गयी हैं। इस परिपाटी के मानचित्र अब प्रयोग में नहीं आते और सर्वेक्षण विभाग ने उनका छापना वन्द कर दिया है। इसके स्थान पर अन्तर्राष्ट्रीय परिपाटी के मानचित्रों का प्रयोग होता हैं परन्तु सर्वेक्षण विभाग द्वारा प्रकाशित भू-पत्रों के ऊपर मानचित्र का आधार क्रम इसी परिपाटी के क्रम पर बनाया गया है।

---

1. Jervis, W. W., "The World in Maps", p. 172 (1938). Requoted from—Jack, E. M. "National Surveys" (Presidential Address to the British Association for the Advancement of Science) (Cape Town, 1929).
2. Finch. J. K. "Topographic Maps and Sketch Mapping", p. 8 (1920)

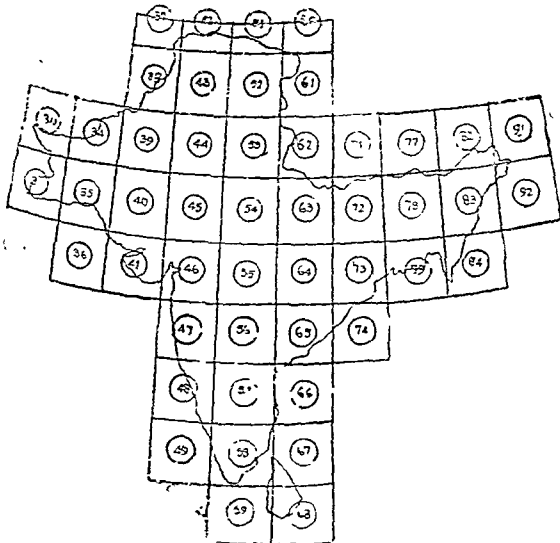
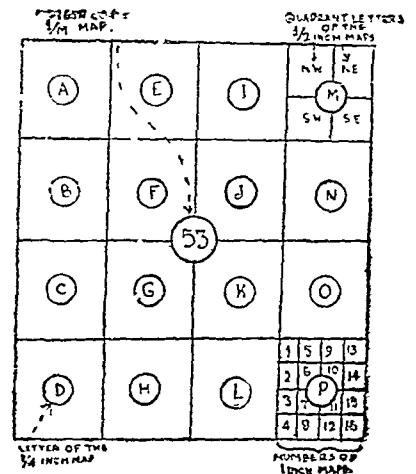
(३) **अन्तर्राष्ट्रीय माला के मानचित्र** (Carte Interntionale du Monde Series)—अन्तर्राष्ट्रीय के अनुसार भारत के सर्वेक्षण विभाग ने अन्तर्राष्ट्रीय प्रक्षेप पर भारतवर्ष के मानचित्र पत्रकों मे प्रकाशित किये हैं। प्रत्येक पत्रक में ४° अक्षांस और ४° देशान्तर होते हैं। मापक १ : १,०००,००० है।

(४) **भारत के स्थलाकृति मानचित्र** (Topographical Maps of India)—भारत के मानचित्र विभिन्न मापकों पर पत्रकों में प्रकाशित किए गए हैं। ये मानचित्र निम्न हैं :—

(१) एक इंच मानचित्र—इनका मापक १″=१ मील है।
(२) आधा इंच मानचित्र—इनका मापक १/२″=१ मील या १″=२ मील है।
(३) चौथाई इंच मानचित्र—इनका मापक १/४″=१ मील या १″=४ मील है।

(५) **नगर दर्शक मानचित्र** (Town Guide Maps)—हाल ही में महत्वपूर्ण नगरों तथा रेलमार्ग की दृष्टि से मुख्य नगरों के मानचित्र प्रकाशित किए गए हैं जिनके मापक १″=१ मील से ऊपर के हैं। ये मानचित्र प्रायः ३″=१ मील या ६″=१ मील के मापक पर आधारित हैं।

भारतवर्ष के मानचित्र पर भू-पत्रकों का क्रम
(Arrangement of Sheets on Map of India)

भारत तथा समीपवर्ती देशों की परिपाटी के मानचित्र पत्रकों के संख्या क्रम के आधार माने गये हैं। पत्रकों के ऊपर १ से लेकर १३६ तक के नम्बर पड़े हैं। ब्रह्मा को निकाल देने पर इन पत्रकों की सूची संख्या केवल ९२ रह जाती हैं। १ से लेकर १३६ तक की संख्या को सूची संख्या (Index Numbers) कहते हैं। प्रत्येक पत्रक के १६ विभाग किये जाते हैं और ये १६ विभाग A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, अक्षरों द्वारा सूचित किए जाते हैं। इस प्रकार ५३ सूची संख्या के पत्रक के विभाग होंगे: 53 A, 53 B, 53 C इत्यादि और मापक होगा १″=४ मील। प्रत्येक १/४ इंच पत्रक के ४ विभाग किये जाते हैं। यदि ५३ M सूची संख्या का पत्रक हो तो विभाग होंगे $53\frac{M}{NW}$, $53\frac{M}{SW}$, $53\frac{M}{NE}$, $53\frac{M}{SE}$: और इनका मापक होगा १″=२ मील। परन्तु यदि १/४″ पत्रक के १६ विभाग किये जाँय तो १ इंच मानचित्र प्राप्त हो जायेंगे औ उनके नम्बर इस प्रकार होंगे $53\frac{M}{1}$, $53\frac{M}{2}$ लेकर $53\frac{M}{16}$ तक। पत्रकों का क्रम तथा क्रम संख्या नीचे के चित्रों से स्पष्ट हो जायेंगे।

चित्र २७५—भारत में पत्रकों का क्रम

चित्र २७६—एक पत्रक के भाग

43	52	61
44	53	62
45	54	63

चित्र २७७

स्थलाकृति मानचित्र अथवा भूपत्रक का अध्ययन (Study of Topo-sheet)

स्थलाकृति मानचित्र अथवा भू-पत्र का अध्ययन बड़ा ही दिलचस्प तथा लाभदायक होता है। यह अवश्य है कि प्रारम्भिक अवस्थाओं मे कुछ कठिनाइयाँ सम्मुख आती हैं, किन्तु जब इसकी परिभाषिक शब्दावली तथा भाषा से परिचय हो जाता है और 'स्थलाकृतिक-विवेकशीलता' विकसित हो जाती है तो यह एक जासूसी उपन्यास से भी अधिक दिलचस्प और आनन्ददायक हो जाता है, क्योंकि यहाँ पाठक केवल पाठक ही नहीं रहता बल्कि वह स्वयं एक जासूस बन जाता है। मानचित्र उसे असंख्य सूचनाएँ देता है और वह सूचनाओं से उन बातों को जानने का प्रयत्न करता है जो अब तक अज्ञात है। यह अध्ययन तभी प्रभावोत्पादक होता है जबकि वह निम्नांकित प्रयोगात्मक योजना को अपनाता है :—

प्रारम्भिक सूचना (Marginal or Preliminary Information)

भू-पत्रक के हाशिये पर काफी सूचनाएँ स्पष्ट रूप से लिखी रहती हैं। इन सूचनाओं से विद्यार्थी को अधिक से अधिक लाभ उठाना चाहिए। पत्रक के सबसे ऊपर उस प्रान्त का नाम लिखा रहता है जिससे मानचित्र का क्षेत्र संबन्धित है और उसके ऊपर ही बायीं ओर उस जिले का नाम लिखा रहता है जो पत्रक में दिखाया गया है। जिस समय में क्षेत्र का सर्वेक्षण किया गया वह समय भी लिखित रहता है तथा ऊपर दाहिनी ओर पत्रक-संख्या दी हुई रहती है। ऊपर दाहिनी ओर ही वास्तविक उत्तर दिशा या भौगोलिक उत्तर दिशा, जो कि उत्तरी ध्रुव की दिशा है, के संदर्भ मे चुम्बकीय तथा, 'ग्रिड' उत्तर की दिशा दी हुई रहती है। मानचित्र के बिलकुल नीचे भू-पत्रक का मापक तीनों रूपों—रचयात्मक, प्रदर्शक भिन्न तथा शब्दों में—मे दिया रहता है। रचनात्मक मापक मीलों और गजों दोनों में खीचा रहता है और इनके नीचे समोच्च रेखाओं के बीच की दूरी लिखी रहती है। नीचे दाहिनी ओर शासकीय सूची मानचित्र पर प्रदर्शित ज़िलों की राजनतिक सीमायें प्रस्तुत करती हैं और बायीं ओर पत्रकों की सूची दी गयी रहती है। दो सूचियों द्वारा दिये हुए सूचनाओं को छोड़ कर शेश को ही विद्यार्थी को परिचय का आधार बनाना चाहिए जिसे वह लिखने जा रहा है। इस सूचना को बड़ी सावधानी से लिखना चाहिए विशेष रूप से पत्र की संख्या, मापक तथा समोच्च रेखाओं के बीच की दूरी। हाशिये के समीप दी हुई अक्षांस और देशान्तर रेखायें भी अन्य मुख्य सूचनायें हैं।

उत्सेध आकृतियाँ (Relief Features)

उत्सेध आकृतियों का अध्ययन करने के लिए विद्यार्थी को पत्रक मे दिखाए हुए सम्पूर्ण क्षेत्रफल मे ढालों का एक चित्र बनाने की कोशिश करनी चाहिए। यह कार्य वह तभी कर सकता है जब कि वह समोच्च रेखाओं की प्रकृति एवं स्वभाव के परिचित हो। हाशिये में आकृतियों के उल्लेख, समोच्च रेखाओं के मानों को सूचित करते हुए, समुद्र सतस से उनकी ऊँचाई भी प्रायः ततायेंगे। अब, पत्रक में उत्सेध की साधारण प्रकृति की परीक्षा कीजिए। सबसे पहिले यह निश्चित कीजिये कि क्षेत्र समतल है, या पठारी अथवा पहाड़ी है। इन्हें पहचानने के लिए निम्नलिखित साधारण नियम सहायक होंगे :—

१. यदि पत्रक में कहीं भी समोच्च रेखा नहीं है तो क्षेत्र समतल है। यदि एक या अधिक से अधिक समोच्च रेखाये उस क्षेत्र को पार करती हैं तो भी क्षेत्र समतल है। समतल क्षेत्र को पार करने वाली समोच्च

रेखायें सीधी होंगी, टेढ़ी-मेढ़ी नहीं। इसके अतिरिक्त, जल-धाराओं की प्रकृति का परीक्षण कीजिए। यदि ये गहरी घाटों में नहीं बहती हैं तो उनके किनारों की अपेक्षित ऊँचाई कम होनी तथा और भी बड़ी जलधारायें प्रायः चौड़ी होती है तथा टेढ़े-मेढ़े मार्गों का यिर्माण करती है तथा कभी-कभी गोखुर झीलें अथवा अर्धचन्द्राकार झीलें बनाती हैं।

२. यदि भू-पत्र को कई समोच्च रेखायें पार करती हैं तो वह साधारणतः एक पठारी क्षेत्र है। पटारी क्षेत्र में य ममोच्च रेखायें टेढ़ी-मेढ़ी होती हैं। इसके अतिरिक्त, नदियाँ गहरी घाटी मे बहती हैं जिससे एक समोच्च रेखा पटारी क्षेत्र में प्रायः दोनों किनारों पर एक नदी को घेर लेती हैं। कुछ पटारों में ऊँची और क्रमिक श्रेणियाँ होती हैं जो पहाड़ियों से घिरी होती हैं। क्षेत्र की उत्सेध आकृतियों को व्याख्या करते समय इन श्रेणियों या कटकों (Ridges) का विशेष उल्लेख करना चाहिए।

३. यदि समोच्च रेखाओं की संख्या बहुत अधिक है और समुद्र सतह से ऊँचाई भी बहुत अधिक है तो क्षेत्र पहाड़ी होगा। इस क्षेत्र में पहाड़ियाँ, घाटियाँ तथा शैल भुजायें प्रचुर संख्या में सभी दिशाओं मे फैली रहती हैं। सम्पूर्ण क्षेत्र में ढाल की प्रधानता रहती है। समोच्च रेखायें, बिल्कुल खड़े ढाल को दिखाती हुई प्रायः एक दूसरे के समीप रहती हैं किन्तु जब तक कि पहाड़ पूर्ण रूप से न मुड़े हुए हों, ये समोच्च रेखायें उतनी टेढ़ी-मेढी नही रहती जितनी कि पठारी क्षेत्र में, जब तक कि पर्वतों में जटिल मोड़ न हो।

पहाड़ी क्षेत्र का वर्णन करते समय घाटियों पर विशेष ध्यान रखना चाहिए क्योंकि अनमें मनुष्यों का निवास रहता है। मुख्य पहाड़ियों का वर्णन होना तथा उनकी चोटियों की ऊँचाई भी दी हुई होनी चाहिए। पहाड़ियों की चोटियाँ गोल से शंक्वाकार या चपटी हो सकनी हैं। यदि समोच्च रेखाओं से पूर्ण परिचय प्राप्त हो जाय तो यह सब आसानी से पहचानी जा सकती हैं। यदि मोच्च्च रेखायें एक दूसरे के समीप हैं तो ढाल सीधी होगी और यदि दूर हैं तो ढाल कम होगा, यह स्मरण रखने से पहाड़ियों की ढालों का भी उल्लेख हो सकता है। उन छोटे पहाड़ों में जहाँ नदी की कटान अधिक होती है, घाटियाँ V—आकार की होती हैं और ढाल उन्नतोदर होता है तथा उच्च मान की समोच्च रेखायें, कम मान की समोच्च रेखाओं की अपेक्षा अधिक दूर-दूर होती हैं और ऐसी घाटियों में प्रायः शृंखलित शैल-भुजायें उपास्थित रहती हैं। यदि पहाड़ों की कटान हिम के कारण है तो ये पहाड़ U—आकार की घाटियों से सुशोभित रहते हैं। इन घाटियों की यिशेषता है कि इनकी ढाले नतोदर होती हैं तथा शैल भुजायें नहीं होनी। हिम नदों द्वारा जमा किए कंकड़ों और पत्थरों के ढेर के कारण हिम क्षेत्रों में बहुत सी पहाड़ियाँ और कटक श्रेणियाँ (Ridges) उठ खड़ी होती हैं। ये पहाड़ियों जो हिम के कटाने के कारण बनती है उनकी चोटियाँ शंक्वाकार तथा ढाले सीधी होती हैं हिम निर्मित पहाड़ियों की ढालें कम होती हैं और उनकी चोटियाँ गोल होती हैं। पर्वत श्रेणियों का निर्माण प्राय हिम नदी द्वादा एकत्रित कंकड़ों-पत्थरों के जमा हो जाने के कारण होता है।

पहाड़ियों और घाटियों के, जिनका विवरण दिया गया है, प्रकारों को ज्ञात करने में ढाल की प्रकृति का अत्यधिक महत्व है। यदि आँखें समोच्च रेखाओं के बीच ठीक से प्रशिक्षित हैं प्रत्येक वस्तु का जानना आसान है, किन्तु यदि कोई सन्देह उट खड़ा होता है तो उन विभागों को खींज लेना चाहिए और घाटी के ढालों का निरीक्षण करना चाहिए।

पठारी क्षेत्र छोटा या बड़ा, उबड़-खाबड़ तथा नदियों द्वारा छिन्न-भिन्न हो सकता है, या नदियाँ भी कम हो सकती हैं. ऐसी दशा में घाटियाँ काफी गहरी होंगीं या घाटी के दोनों किनारों पर एक ही समोच्च रेखा द्वारा घिरी हुई होंगी। घाटियाँ बहुत महत्वपूर्ण होती है क्योंकि जहाँ पहाड़ियाँ या कटक श्रेणियाँ नहीं होती वहाँ ये पठार में उत्सेध-आकृतियों को प्रस्तुत करती हैं।

कटकों (Ridges) की प्रकृति का भी विश्लेषण करना चाहिए। वे साधारण कटक हो सकते हैं जिनकी चोटियाँ चौड़ी होती हैं अथवा वे संकीर्ण कटक भी हो सकते हैं जिनके दोनों किनारों पर ढाल बराबर या भिन्न-भिन्न रहता है। ऐसे कटकों की गतिविधि का वर्णन स्पष्ट रूप से होना चाहिए और उन्हें एक चित्र द्वारा दिखाना चाहिए। यदि कटक, पहाड़ियों से घिरे हों, इस दशा में भी उन्हें स्पष्ट रूप से देना चाहिए। एक पठार एक समतल मदात से प्रायः खड़े ढाल के रूप में ही मिलता है। यदि पत्रक में समतल भूमि तथा पठार का मिलन हो तो यह स्पष्ट रूप से दिखाना चाहिए।

प्राकृतिक रूपों के इन प्रकारों में से अधिकांश एक भू-पत्र में पाए जाते हैं। उत्सेध के दृष्टिकोण से एक सर्वेक्षण-पत्र कई भागों में बाँटा जा सकता है और प्रत्येक भाग का विस्तृत वर्णन अलग से हो सकता है। ये विभाग सर्वदा उत्सेध आकृतियों के आधार पर किए जाते हैं, अक्षांस और देशान्तर रेखाओं के परस्पर-छेदन द्वारा

बने वर्गों के आधार पर नहीं। यदि 'ग्रिड प्रणाली' (grid System) अनुपस्थित है तो इन वर्गों का उपयोग केवल संकेत के लिए किया जा सकता है।

समतल क्षेत्र में उत्सेधाकृतियाँ नयी, विकसित या पुरानी नदियों की घाटियों से सुसज्जित रहती हैं। यहाँ बाँगर (ऊँची भूमि) तथा खादर (बाढ़ वाले मदान) भूमि अलग-अलग पहचानी जा सकती हैं और स्पष्ट रूप से उनको दिखाया जा सकता है। समतल भूमि में उत्सेध आकृतियों की अन्य बातें कभी-कभी दिखायी जाती हैं। रेखाचित्र तथा पार्श्वाकृतियाँ इस प्रकार खींचना चाहिए कि सभी चीजें स्पष्ट ज्ञात हो जाँय।

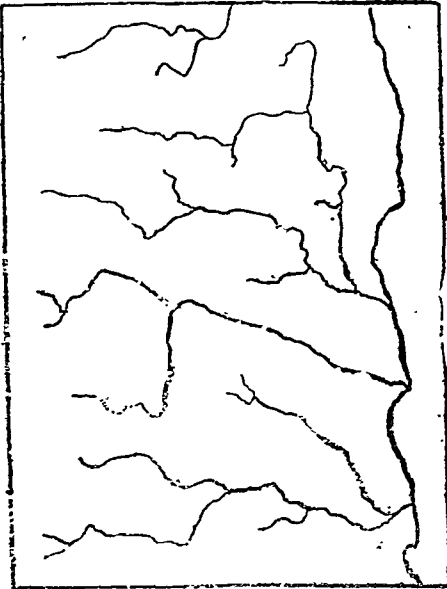
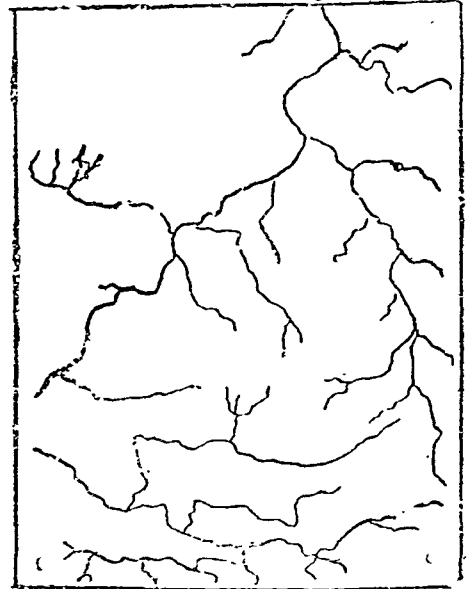
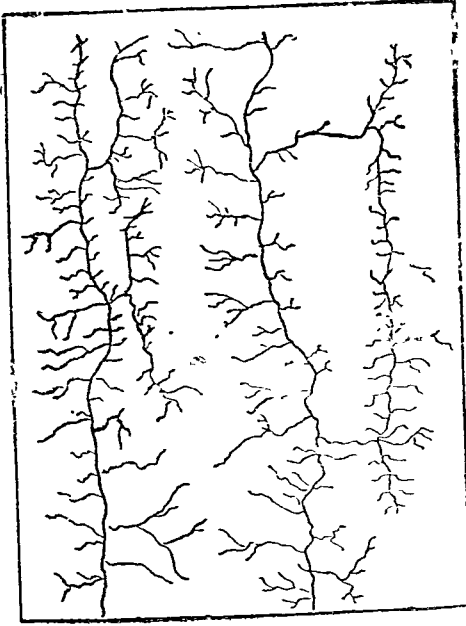
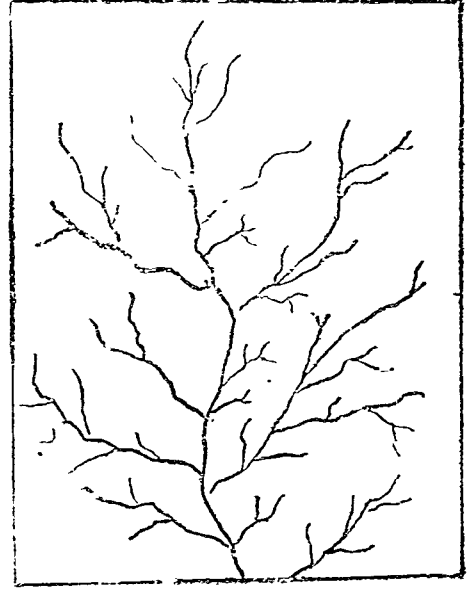
जल-प्रवाह (Drainage)

नदियों के बहाव का वर्णन करते समय ढाल (Slope) पर विशेष जोर देना चाहिए, ऊँचाई (अथवा गहराई) पर नहीं, जैसा कि उत्सेध-आकृतियों के वर्णन में दिया गया है। सर्वप्रथम मुख्य-धारा द्वारा दिखाए हुए क्षेत्र का सामान्य ढाल निश्चित कीजिए। मुख्य नदियों की धाराओं का वर्णन होना चाहिए, लेकिन नदी की मुख्य धारा के वर्णन पर विशेष बल देना चाहिए। सम्पूर्ण नदियों की धाराओं का परीक्षण उनके विश्राम-स्थल तक करना चाहिए। समतल भूमि में नदियाँ काफी चौड़ी होती हैं तथा उनकी चाल टेढ़ी-मेढ़ी रहती है, वे प्रायः अपनी धारा के साथ बालू जमा करती है। बाढ़-भूमि भी उपस्थित रहती है लेकिन उसकी सीमाओं की ऊँचाई इतनी कम होती है कि वह समोच्च रेखाओं द्वारा नहीं दिखायी जा सकती। इसके बदले मे वह आपेक्षिक ऊँचाई को प्रदर्शित करने वाले चित्रों से दिखाया जाता है। फिर भी, कुछ भू-पत्रकों में वह नहीं दिखाई जाती और कुछ पत्रकों में वह बाँधों द्वारा स्पष्ट हो जाती है। पठारी भूमि में नदियाँ प्रायः अपने यौवन में अथवा प्रौढ़ता की प्रारम्भिक अवस्था में रहती है। घुमाव अधिक विकसित नहीं रहते हैं तथा वे कम चौड़ी रहती हैं। यदि कोई बड़ी नदी बालू का राशि जमा करती है तो इससे यह न समझना चाहिए वह अपने यौवनावस्था में नहीं है। पहाड़ों पर नदियाँ अधिकांशतः अपनी यौवनावस्था मे ही रहती है तथा उनकी घाटियाँ V–आकार की जो नीचे घनी समोच्च रेखाओं तथा ऊपर कम घनी समोच्च रेखाओं से संयुक्त रहती हैं। घाटियों का V–आकार उनके उन्नतोदर ढाल की ओर संकेत करता है। नदियों के बहाव के स्वरूप को प्रदर्शित करने वाला एक चित्र अलग से लगना चाहिए।

यदि नदियों का रेखा चित्र अलग से खींचा जाय तो उनके बहाव का स्वरूप शीघ्र ही स्पष्ट हो जायगा। यदि वृक्ष की शाखाओं की तरह मुख्य नदी की सी अनेक धारायें हैं जो उनमें आकर मिलती हैं तो इसे बहाव का वृक्षाकार (Dendritie Pattern) स्वरूप कहेंगे। यदि नदियाँ छोटी समानान्तर धाराओं में बहती है तो

चित्र २७८—समानान्तर बहाव का स्वरूप

चित्र २७९—त्रिज्यात्मक बहाव का स्वरूप

1. Wooldridge and Morgan : The Physical Basis of Geography, p. 192 (1948)

इसे बहाव का 'समानान्तर स्वरूप' (Parallel Pattern) कहेंगे। जैसे कि केन्द्र से त्रिज्यायें निकलती है वैसे ही यदि एक ही स्थान से नदियाँ सभी दिशाओं में बहती है तो इसे बहाव का 'त्रिज्यात्मक स्वरूप' (Radial Pattern) कहेंगे। किन्तु यहाँ सावधान रहने की आवश्यकता है। 'त्रिज्यात्मक बहाव' (Radial Drainage) प्रांय: कटान के द्वितीय चक्र मे पाया जाता है। अत: एक विद्यार्थी को एक 'त्रिज्यात्मक बहाव' के सम्बन्ध में शीघ्र ही निर्णय नहीं कर लेना चाहिए। यदि बहुत सी प्रधान नदियाँ समानान्तर घाटियों मे, जो कि उभार (anticlines) द्वारा अलग हैं, बहती हैं ओर उन प्रधान नदियों मे छोटी-छोटी बहुत सी धारायें आकर लम्बवत मिली हैं तो इसे 'जालीदार बहाव' (Trellised Drainage) कहते है।

चित्र २८०—जालीदार बहाव का स्वरूप

चित्र २८१—वृक्षाकार बहाव का स्वरूप

[After Von Engeln]

वनस्पति (Vegetation)

भारतवर्ष के भू-पत्रकों के उन क्षेत्रों मे जहाँ खेती होती है पीले रंग दिए जाते हैं। जहाँ प्राकृतिक वनस्पतियाँ हैं वहाँ रंग हरा दिखाया जाता है। वृक्ष, झाड़ियाँ तथा घास हरी स्याही से दिखाये जाते हैं। भारतीय जंगलों के मुख्य पेड़ भिन्न भिन्न चिन्हों द्वारा दिखाए जाते हैं किन्तु जिनका विशेष महत्व नहीं है वे सब किसी एक सामान्य परम्परागत चिन्ह से दिखा दिए जाते हैं। लम्बी घास, छोटी घास तथा झाड़ियाँ भी भिन्न भिन्न चिन्हों द्वारा दिखाई जाती हैं। इस प्रकार के वनस्पतियों वाले क्षेत्रों का वर्णन होना चाहिए तथा क्षेत्र का विस्तार चित्र में देना चाहिए। जंगल प्राय: पहाड़ों पर पाए जाते हैं। पठारों पर वृक्ष तथा घासें तथा मैदानों में बिखरे हुए पेड़ मिलते हैं।

सिंचाई के साधन (Means of Irrigation)

सिंचाई के साधनों के सम्बन्ध मे भी मानचित्र सूचनाएँ प्रस्तुत करते हैं। यदि सिंचाई के साधन नहीं दिखाए गए है तो इसका यह अर्थ हुआ कि वनस्पति तथा कृषि केवल वर्षा पर ही निर्भर है। यदि कुँए, तालाब या नहरें दिखाई गयी हैं तो यह समझना चाहिए सिंचाई के कृत्रिम साधनों का सहारा लिया गया है। सामान्यतया, तालावों से सिंचाई पठारी भूमि में तथा कुओं से सिंचाई समतल भूमि में होती है। समतल भूमि के कुछ भागों में नहरों से भी सिंचाई होती है। सिंचाई के साधनों का अध्ययन करते समय यह भी स्पष्ट रूप से दिखाना चाहिए कि क्षेत्र में सिंचाई की विशेष प्रणाली ही क्यों अपनाई गई। प्रकृति-प्रदत्त जो सुविधाएँ उपलब्ध हों उन पर भी विचार विमर्श होना चाहिए; उदाहरणार्थ, तालावों के निर्माण की दशा मे, बाँधों के निर्माण के लिए भू-साधन तथा जल-संग्रह के लिए सुगमता पर विचार-विमर्श होना चाहिए। क्षेत्र के ढाल तथा स्थलाकृति के वर्णन में कुओं अथवा नहरों की धाराओं की उपस्थिति का उल्लेख होना चाहिए।

व्यवसाय (Occupations)

मानचित्रों द्वारा व्यवसाय संबन्धी भी कुछ अनुमान लगाए जा सकते हैं। जैसे पी० रंग का अर्थ होगा कृषि व्यवसाय। इसी प्रकार घने जंगल लकड़ी उद्योग तथा छोटे-छोटे जंगली उत्पादनों (गोंद, चपड़ा, राल आदि) की ओर संकेत करते हैं। खानों की उपस्थित खुदाई के कार्य को प्रदर्शित करती है। यहां यह ध्यान में रखना चाहिए कि मानचित्र का निरीक्षक स्वयं ही मानचित्र देखकर व्यवसाय के संबन्ध मे अनुमान लगायेगा। मानचित्र मनुष्य के कार्यों तथा व्यवसाय को प्रत्यक्ष रूप मे नहीं प्रदर्शित करता, अतः जब तक कि इस विषय पर कुछ कहने के लिए जोर न दिया जाय तब तक इसे स्पर्श न करना ही ठीक है।

यातायात के साधन (Means of Communication)

एक भू-पत्रक जिस क्षेत्र को प्रदर्शित करता है वह उस क्षेत्र के यातायात के साधनों के संबन्ध मे श्रेष्ठ सूचना प्रस्तुत करता है। भू-पत्रक मे रेल मार्ग, ट्राम-मार्ग, तार मार्ग, सड़के, गाड़ियों तथा ऊंटों के मार्ग दिखाए गए रहते हैं। रेल-मार्ग की पटरियाँ भिन्न भिन्न चिन्हों द्वारा दिखाई गयी रहती हैं। बड़ी लाइन के लिए भिन्न चिन्ह है किन्तु अन्य लाइनों (छोटी लाइन तथा संकीर्ण लाइन) के लिए एक ही चिन्ह है। फिर भी, दोनों अवस्थाओं मे यह स्पष्ट रूप से दिखाया जाता है कि दुहरी लाइने हैं या इकहरी लाइन है। मार्ग के सहारे रेलवे स्टेशन तथा दूरियाँ भी चिन्हित की जाती हैं सड़के दो भागों मे बांटी जाती है: पक्की सड़कें तथा कच्ची सड़के। सड़कों पर भी दूरिया दिखाई जाती हैं। बैलगाड़ियों के मार्ग, ऊंटों के मार्ग, खच्चरों के मार्ग तथा पैदल यात्रियों के मार्ग भी भू-पत्र प्रदर्शित रहते है। उनके वर्णन मे, आवागमन के मुख्य मार्गों का वर्णन किया जाता है और एक संलग्न चित्र मे उन्हें दिखा दिया जाता है। इस प्रकार मुख्य रेल मार्गों तथा सड़कों पर विशेष ध्यान दिया जाता है। समतल मैदानी क्षेत्रों मे महत्वपूर्ण नगर रेल मार्ग तथा सड़कों के केन्द्र होते हैं। अर्द्ध-शुष्क क्षेत्रों मे गांव ही ऊंटों के मार्गों, पगडंडियों, गाड़ियों के मार्गों तथा सामयिक सड़कों तथा रेल मार्गों के केन्द्र होते हैं। पहाड़ी क्षेत्रों में पहाड़ियां, खच्चरों के मार्ग तथा सामयिक सड़कें पाई जाती है।

विद्यार्थी को आवागमन के मुख्य मार्गों का केवल वर्णन ही नहीं करना चाहिए वरन् उत्सेध-आकृतियों से उनकी उपस्थिति के पारस्परिक संबन्धों को भी व्याख्या करना चाहिए। उदाहरणार्थ किसी सड़क अथवा रेल का मार्ग किसी घाटी में अथवा यातायात रेखाओं का किसी पुल पर केन्द्रीकरण अथवा किसी पहाड़ी से बचने के लिए सड़कों तथा रेलवे लाइनों का घुमाव आदि। इस प्रकार के विवर का तात्पय यह है कि विद्यार्थी भू-पत्रक के भौगोलिक तत्वों को समझ गया है, दूसरे शब्दों मे वह वातावरण तथा मनुष्य के पारस्परिक संबन्धो से परिचित हो गया है।

मानव बस्तियाँ (Human Settlements)

मानव बस्तियों का वर्णन करते समय, विद्यार्थी को सबसे पहले भू-पत्रक में दिखाए गए नगरों तथा कस्बों का वर्णन करना चाहिए। इसी प्रकार, गांवोंकी आबादी के लिए उसे पहले इस बात का जिक्र करना चाहिए कि आबादी घनी हैं या विरल है। अतः ग्रामीण तथा नागरिक दोनों प्रकार की बस्तियों की दशा में उनके दो प्रमुख पक्षों पर ध्यान देना चाहिए—

(१) बस्तियों की स्थिति, तथा (२) बस्तियों के बसने की पद्धति।

बस्तियों की स्थिति (Site)

बस्ती के लिए उपयुक्त भूमि चुनने से बहुत से लाभ हैं। इन सभी की गणना करना यहां बहुत ही कठिन है, फिर भी निम्न सामान्य संकेत लाभदायक हो सकते हैं :—

(क) बहुधा उन स्थानों पर बस्तियों का जन्म होता है जहां पीने का पानी काफी मात्रा में उपलब्ध है। पीने योग्य पानी की उपलब्धता तो सदैव ही आवश्यक है किन्तु मरुस्थलों तथा अर्द्धमरुस्थलीय क्षेत्रों मे यह अधिक महत्वपूर्ण है। यह पीने का पानी या तो कुओं से, या नदियों से या नहरों अथवा तालाबों से प्राप्त किया जा सकता है। अतः मरुस्थलों तथा अर्द्धमरुस्थलों मे गांव केवल कुओं के समीप बसे हुए पाए जाते हैं। पठारी भूमि में ये तालाबों के सन्निकट बसे रहते है। पहाड़ी क्षेत्रों मे जल के सोते गांवों के आकर्षण के मुख्य केन्द्र है। गंगा के मैदान मे किसी भी स्थान पर कुँए खोदे जा सकते हैं।

(ख) बस्तियाँ उन स्थानों पर बसती है जो बहुधा बाढ़ तथा बन्द जल के कारण उत्पन्न उपद्रवों से सुरक्षित रहते हैं। बाढ़ आने से बस्तियाँ छिन्न-भिन्न हो जाती है तथा स्थिर एवं बन्द जल के कारण बीमारियाँ उत्पन्न

चिन्हों का विवरण

(१) सर्वेक्षित गांव (२) प्राचीर-आवृत गाँव (३) ध्वंसावशिष्ट गांव (४) परित्यक्त गांव (५) विकीर्ण झोपड़ियाँ (६) अस्थायी झोपड़ियाँ (७) सर्वेक्षित दुर्ग (८) गिरजाघर (९) मंदिर (१०) मकबरा (११) पैगोडा (१२) मस्जिद (१३) ईदगाह (१४) छत्री या मार्ग के किनारे का मंदिर (१५) तिथि के साथ युद्ध का मैदान (१६) शव गाड़ने का स्थान (१७) तैल-कूप (१८) खान की सुरंग (१९) राइफल रैंज (२०) हवाई अड्डा (२१) हवाई अड्डा (रूढ़िगत) (२२) वायुयान उतरने का सर्वेक्षित मैदान (२३) वायुयान उतरने का मैदान (रूढ़िगत) (२४) तया (२५) कुँए (२६) सोता (२७) पाइप लाइन (२८) झील या तालाब (२९) झील अथवा तालाब जिसमें पानी की सीमा बदलती रहती है (३०) वर्ष पर्यन्त जल वाले तालाब जिनके किनारे का बांध १० फुट से अधिक ऊँचा हैं (३१) वर्ष पर्यन्त जल वाले तालाब जिनके किनारे का ढाल खड़ा हो (३२) मुंडेर बांधा हुआ वर्ष पर्यन्त जल का तालाब (३३) मुंडेर बांधा हुआ वर्ष भर जल न रहने वाला तालाब (३४) मुंडेर बांधा हुआ ऊँचे किनारे का काफी गहरा तालाब (३५) दलदल (३६) कीचड़ भूमि (३७) वर्ष भर जल रखने वाली एक ही रेखा से प्रदर्शित नदी (३८) अनुमान से नदी का ठीक मार्ग (३९) वर्ष भर जल वाली नहर जिसके चौड़ाई एक चेन या अधिक है। (४०) दो लाइनों से प्रदर्शित वर्ष पर्यन्त जल वाली नदी जिसके प्रवाह की दिशा तीर से दिखाई गई हो। (४१) नदी जिसके किनारे खड़े ढाल १० और २० फुट के बीच में होते हैं (४२) नदी जिसके खड़े किनारे २० और ३० फुट के बीच में ऊँचे होते हैं। (४३) बालू वाली शुष्क नदी (४४) अनुमान ठीक मार्ग की सूखी नदी (४५) नदी के तल में चट्टानों का छोटा द्वीप (४६) वर्ष भर जल वाली नदी से ज्वर भाटे का पानी से (४७) नदी की तह में खड़ा उतार (एक रेखा की नदी में) (४८) नदी की तह में खड़ा उतार (दो रेखाओं की नदी मे) (४९) खड़े ढाल की नदी के टूटे-फूटे किनारे (५०) कच्चा, पक्का बांध (५१) नदी का बांध (५२) ५ $\frac{१}{२}$ फुट चौड़ी रेल की दुहरी लाइन (५३) ५ $\frac{१}{२}$ चौड़ी, स्टेशन के साथ रेल की इकहरी लाइन (५४) ५ $\frac{१}{२}$ फुट चौड़ी रेल की लाइन जो बन रही है (५५) अन्य चौड़ाई की रेल की दुहरी लाइनें (५६) अन्य चोड़ाई की रेल की इकहरीं लाइन (५७) अन्य चोड़ाई की रेल की इकहरी लाइन जो बन रही है (५९) ट्राम लाइन (६०) रस्सी का माग (Ropeway) (६१) टेलीफ़ोन लाइन (६२,६३,६४,) पक्की सड़क महत्ता के अनुसार (६५,६६,६७) कच्ची सड़क महत्ता के अनुसार (६८) गाड़ी का रास्ता (६९) ऊँट का रास्ता (७०) खच्चरों का रास्ता (७१) पगडंडी (७२) नदी की तलहटी की सड़क (७३) नदी पर सड़क पुल (७४) बिना खम्भे का पुल, आइरिश पुल (७५) नाव से या पैदल उतार (७६) नावों का पुल (७७) बाग (७८) दीवार से घिरा हुआ बाग (७९) चाय का बगीचा (८०) सब्जी का बगीचा (८१) पान या अंगूर की बेल (८२) फैले हुए वृक्ष तथा झाड़ियाँ (८३) घास (८४) चीड़, देवदारू इत्यादि (८५) छुहारा (८६) बांस (८७) ऊँचाई के साथ समोच्च रेखायें (८८) अनुमान से खींची समोच्च रेखायें (८९) पत्थरों का प्रसार (९०) ऊँचाई के साथ त्रिकोणमितिक स्टेशन (९१) त्रिकोणमितिक कटान बिन्दु ऊँचाई के साथ (९२) लगभग ठीक ऊँचाई (९३) बेंच माक ऊँचाई के साथ (९४) सर्किट हाउस (९५) डाक बँगला (९६) विश्रामालय (९७) पुलिस स्टेशन (९९) डाकखाना (९९) तारघर (१००) सुरक्षित वन (Reserved) (१०१) रक्षित वन (Protected) (१०२) राजकीय वन (१०३) बौद्धों का क्यायुंन (१०४) निरीक्षण भवन (१०५,१०६,१०७) स्थानों के नाम।

भू-पत्रकों के विशेष अध्ययन

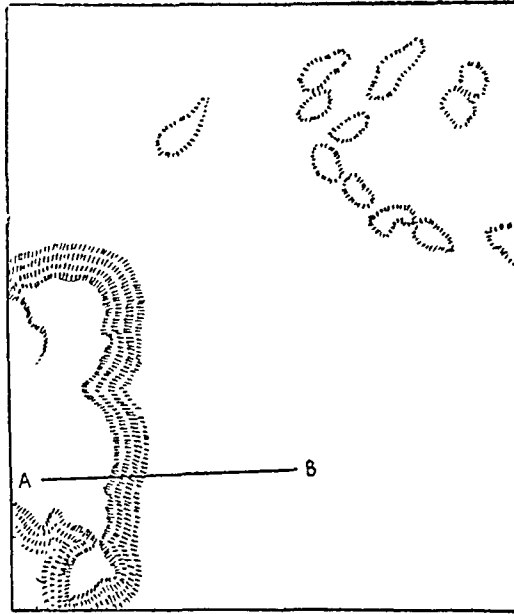
उदाहरण १ : पत्रक न० ६४ $\frac{F}{१३}$

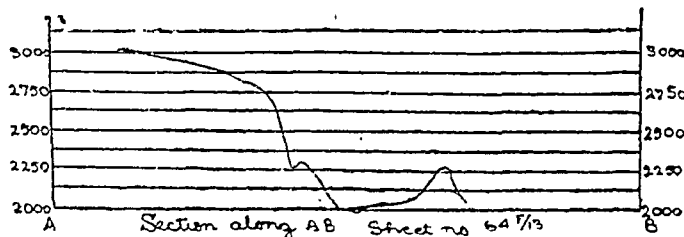
परिचय

इस पत्रक में पहले का बघेलखंड एजेंन्सी, तथा विलासपुर का वर्तमान जिला प्रदर्शित हैं। यह सन् १९३०-३१ के सर्वेक्षण पर आधारित है।

इसका मापक, १ इंच = १ मील (१।६३३६०) है तथा समोच्च रेखाओं के बीच की दूरी ५० फुट है। २२°४५' तथा २३° उत्तर अक्षांस, और ८१° ४५' तथा ८२° पूर्वी देशान्तर के बीच का क्षेत्र इसमें प्रदर्शित है।

उत्सेध आकृतियां

यहां प्रदर्शित क्षेत्र एक पठार है क्योंकि नदियां गहरी घाटियों में बहती हैं। टीपन नदी, कंस नदी, अतन नदी, गियांर नदी दोनों किनारों पर समोच्च रेखाओं से समानान्तरित है। जहां समोच्च रेखायें नहीं हैं वहां घाटियों की गहराई अन्य साधनों से दिखाई गई है जैसे कि वर्ग A में कोइलरी नदी, हंसिया नदी, में। फिर भी यह पठार साधारण लहरदार (Undulating) पठार नहीं है। पत्रक में प्रदर्शित क्षेत्र को तीन भागों में बांटा जा सकता है: (१) उत्तरी पूर्वी भाग जहां पहाड़ियां अलग-अलग पाई जाती हैं; (२) दक्षिणी पश्चिमी भाग जहां विस्तृत और अविरल-कटक (Continuous Ridge) पहाड़ियों से ढके रहते हैं; तथा (३) दक्षिणी पूर्वी भाग जो एक लहरदार (Undulating) धरातल है। इधर-उधर अनेक पहाड़ियां भीषण कटाव को रोकती हैं और भू-खंड में सीना ताने खड़ी हैं। ये पहाड़ियां अधिकांशतः एक कटक (Ridge) के पृथक-पृथक भाग है जो कि कई स्थानों पर नदियों द्वारा तोड़ डाले गए हैं। उत्तर-पूर्व में फैले हुए arcuate कटक में भी यही हालत है अधिकांश पहाड़ियों की चोटियां जिनमें कटक खंड-खंड होकर खड़ा है, चपटी है और उनकी ऊँचाई पूर्व से उत्तर को २१४२, २०९४, २११०, २११७, १९८४, २१२३, २०४२, २०१८ फुट है। करिया पहाड़ की ऊँचाई २१५७ फुट है। और भी पूव में पृथक-पृथक निचली है जिनकी ऊँचाई २०० फुट से अधिक है।

चित्र २८३—६४ $\frac{F}{१३}$ में उत्सेध

टीपन के पश्चिम में फिर ऊँची चपटी चोटियां हैं। उनमें से कुछ तो पहाड़ियों के रूप में है। कुछ की ऊँचाई समुद्र तल से २१०३, २०५१, २८३९, तथा २१०९ फुट है। अधिकांश दक्षिणी पश्चिमी भाग में एक ऊँचा कटक है। यह कटक फैला हुआ है और इसका धरातल कटा-फटा है जैसा कि समोच्च रेखाओं की अत्यधिक मुड़ी हुई प्रकृति से स्पष्ट है।

चित्र २८४

पूर्व से पश्चिम को ऊँचाई धीरे-धीरे लगभग २०५० फुट से ३५०० फुट तक बढ़ती है। २५०० फुट की ऊँचाई तक अधिक खड़ा ढाल नहीं है, परन्तु इसके बाद ढाल अधिक खड़ा है।

कटक की चोटी, जहाँ से कटक पश्चिम की ओर मुड़ता है, विन्ध्य प्रदेश तथा मध्य प्रदेश की सीमा का अनुसरण करती हुई वहमनगढ़ तक चली जाती है। कटक के कम ढालो से होकर अनेक नदियाँ प्रवाहित होती है और उनके बीच में कई छिन्न भिन्न शैल भुजाएँ (Spurs) अवस्थित है। इन नदियों मे खुदरी, पंडहरी, सरायपाली मुख्य है। और भी अनेक विना नाम की नदियाँ इस भाग मे प्रवेश करती है। मुख्य पहाड़ी की चोटियों की ऊँचाई, जो कटक की ऊँचाई से अधिक है, दक्षिण से उत्तर को इस प्रकार है—देवरानी पहाड़ ३६८५, ३०७०, ३४५५, वहमनगढ़ ३६९४ फुट।

पश्चिम की ओर चोटी से ढाल वहुत ही कम है और चोटी एक लहरदार पठार जैसी है जहां की औसत ऊँचाई ३००० फुट है।

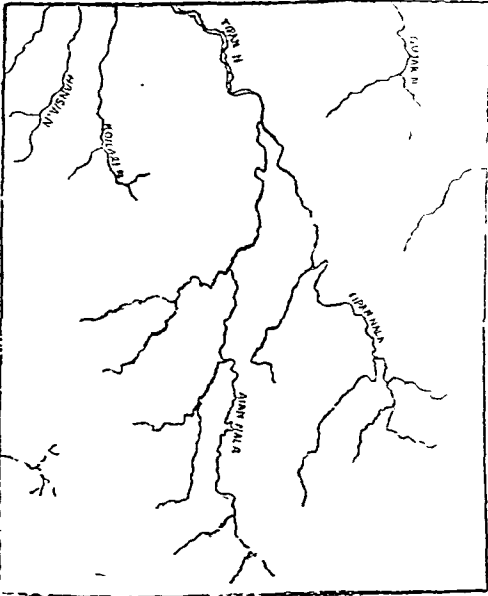
जिन क्षेत्रों का वर्णन ऊपर किया गया वह स्पष्ट ही पहाड़ी भूमि है जहां का धरातल ऊवड़-खावड़ है।

दक्षिणी-पूर्वी भाग एक लहरदार (Undulating) पठार है जिसे अनेक समोच्च रेखायें पार करती है। जहां तेज नदियों की गहरी संकरी घाटियां है उन स्थानों को छोड़कर ढाल वहुत कम हैं। इस भाग मे ऊँचाई १९०० से २००० फु० तक है। दक्षिण-पूर्व मे ठोस प्रसार को छोड़कर यह क्षेत्र एक निरन्तर प्रसार नही है। अनविरत पहाड़ियों की उपस्थिति के कारण उत्तर की ओर क्षेत्र दो भागों मे बँट जाता है। ये भाग इन पहाड़ियों के पूर्व तथा पश्चिम तक लम्बे संकीर्ण खण्डों में फैले हुए हैं।

जल प्रवाह

इस क्षेत्र में नदियों के वहाव का स्वरूप साधारणतया 'डेन्ड्रिटिक' (Dendritic) है, क्योंकि नदियों की वहुत सी शाखायें हैं। इस क्षेत्र की मुख्य नदी टीपन नदी हैं जिसकी मुख्य धारायें टीपननाला तथा अलम नाला है। टीपन नाला तथा अलम नाला में वहुत सी धारायें आकर मिलती है और इस प्रकार यह सम्पूर्ण प्रणाली पेड़ की शाखाओं के सदृश है। नदियों की एक अन्य प्रणाली उत्तरी पश्चिमी कोने पर है। इसमें कोइलरी तथा हंसिया नदियां तथा विना नाम की एक और तीसरी नदी सम्मिलित है। ये नदियां प्रस्तुत पत्रक की सीमा के वाहर मिलती है। यदि ये टीपन नदी मे मिलती है तो टीपन प्रणाली की शक्ति और उसके महत्व को और वढ़ाती हैं। लेकिन ये स्वतन्त्र नदी के रूप मे भी वह सकती है।

चित्र २८५—नदियों का वहाव

भू-पत्रक में अधिकांश नदियां अपने यौवनावस्था में ज्ञात होती हैं इसका प्रमाण यस है कि नदियों की घाटियां गहरी है और उनके मार्ग अपेक्षाकृति सीधे हैं। टीपन नाला लगभग सीधा ही वहता है और उत्तरी भाग में १७५० फु० की समोच्च रेखा से तथा दक्षिण मे १९०० फु० की समोच्च रेखा से अविचलित रूप से सुरक्षित है। दक्षिण मे इसके पार्श्व भाग पर जहां समोच्च रेखायें नहीं है। दो नाले, जो मिलकर इसे वनाते हैं, दो अप्राकृतिक वांधों की सीमा में वहते हैं। फिर भी घाटियों की उपस्थिति, नालों के काटन की क्षमता तथा घाटियों की गहराई को सूचित करते हैं। इसी प्रकार अलम नाला भी दक्षिण में सीधे ही वहता है। किन्तु जैसे ही यह टीपन नाला से मिलने को उन्मुख होता है इसमें मोड़ आ जाते हैं किन्तु एक निश्चित सीमा तक ही। पत्रक के दक्षिणी पूर्वी भाग में नदियां नहीं हैं। कटक पर नदियों का व्यापक विकास है किन्तु वे छोटी तथा महत्वहीन हैं।

वनस्पति

पहाड़ियों, कटकों तथा नदियों के किनारों पर प्रायः जंगल है। पश्चिमी कटक पर उसकी सम्पूर्ण लम्वाई में एक विशाल क्षेत्र वनों से आच्छादित है। टीपन धाराओं के पूर्व पश्चिम में विच्छिन्न पहाड़ियों पर फिर ये जंगल पाये जाते हैं। टीपन प्रणाली की सभी नदियों में उनके किनारे वृक्षों की

लम्बी संकरी पेटियां पाई जाती हैं। पेन्ड्रा शहर के पूर्व तथा पश्चिम में पहाड़ियों तथा नदियों के आश्रम से मुक्त कुछ वृक्ष पाये जाते हैं। ये वृक्ष रेलवे लाइन के किनारे के भूभाग में पाये जाते हैं जो खेती के लिये अनुपयुक्त हैं।

सिंचाई

भू-पत्रक से ऐसा ज्ञात होता है कि सिंचाई तालाबों द्वारा होती है क्योंकि सम्पूर्ण क्षेत्र में बहुत से तालाब है जो क्षेत्र के उबड़-खाबड़ धरातल के कारण बन गये हैं।

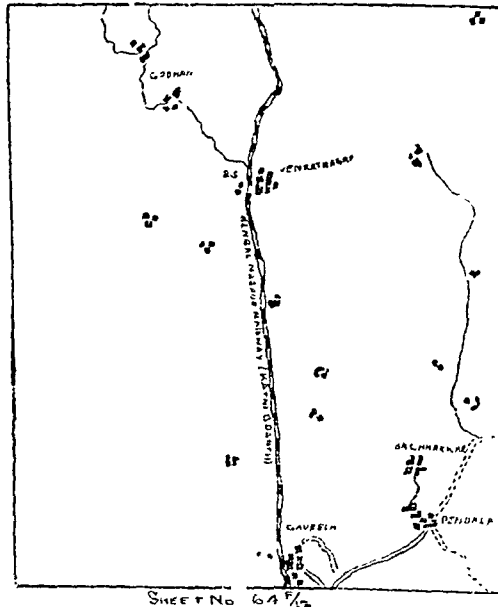
व्यवसाय

भू-पत्रक का अधिकांश भाग पीले रंग से प्रदर्शित है जो यह प्रकट करता है कि यहां मुख्य व्यवसाय कृषि है। अन्य सम्भव व्यवसाय जंगल काटना तथा छोटे छोटे जंगली उत्पादन जैसे गोंद, राल आदि का संग्रह करना है।

यातायात के साधन

इस क्षेत्र में केवल एक रेलवे लाइन है जो दक्षिण से उत्तर को जाती है। यह बड़ी लाइन है। उबड़-खाबड़ भूमि के कारण रेलवे लाइन की असमतलता को रोकने के लिए यह लाइन पहाड़ियों से दूर टीपन नाले के पश्चिम में होकर जाती है। क्षेत्र के असमान धरातल ही से स्पष्ट है कि रेलवे मार्ग कैसा होगा। रेलवे लाइन को समतल करने के लिए कई स्थान पर बांध हैं तथा कई स्थानों से मिट्टी काटकर हटाई गयी है। टीपन नाला समकोण पर पार करने के लिए लाइन पूर्व की ओर घूम गई है।

एक पक्की सड़क है जो गौरेला शहर को पेन्ड्रा शहर से मिलाती है। यह सड़क एक उबड़-खाबड़ भू-खण्ड के किनारे होकर जाती है। पेन्ड्रा के बाद इसके दो शाखायें कच्ची सड़क के रूप मे हो जाती हैं। एक उत्तर पूर्व में पैसन को दूसरी दक्षिण पूर्व में सोमरा को चली जाती है।

इसके अतिरिक्त न तो अन्य कोई रेलवे लाइन है और न सड़क। इससे यह प्रकट होता है कि यह क्षेत्र कितना अविकसित है। पत्रक के शेष भाग में ऊँट, गाड़ियों तथा खच्चरों के जाने के मार्ग हैं। अधिकांश मार्ग पहाड़ियों से दूर कृषि वाले भू-भागों तक ही सीमित हैं। पश्चिमी विस्तृत कटक में कुछ ऊँटों के मार्ग हैं जो पूर्व तथा पश्चिम के खेती वाले भू-भागों को एक दूसरे से जोड़ते हैं। कटक के सम्बन्ध मे एक मुख्य बात यह कि परिवहन की साधन बैलगाड़ियां इसकी जड़ तक ही जा सकती हैं, आगे नहीं। केवल ऊँट ही और आगे तक जा सकते हैं।

चित्र २८६—बस्तियां तथा यातायात के साधन

बस्तियां

वस्तियां अधिकांशतः खेतो वाले क्षेत्रों मे ही पायी जाती है, पहाड़ियों पर नहीं। वसन की पद्धति केन्द्रित रूप की है क्योंकि कम वर्षा वाले इस क्षेत्र मे पानी हर जगह नही मिलता। तालाव ही पानी के मुख्य साधन है। सभी गांव तालावों के आस-पास ही वसे रहते है। इन्हीं तालावों से, जो आवादी के केन्द्र है, लोग अपने खेतों की सिंचाई का प्रवन्ध करते हैं।

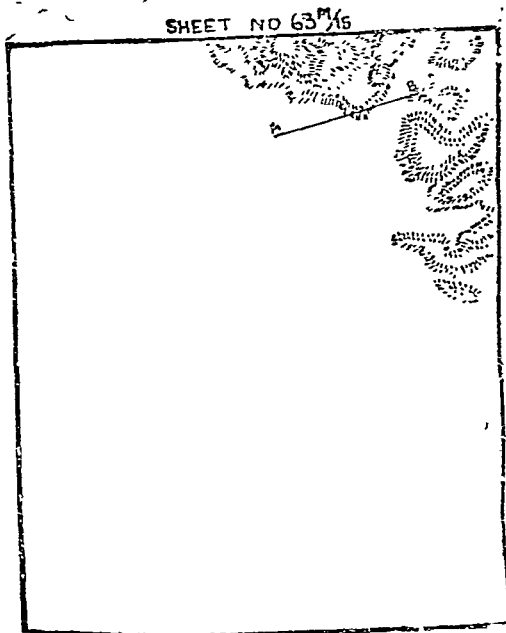
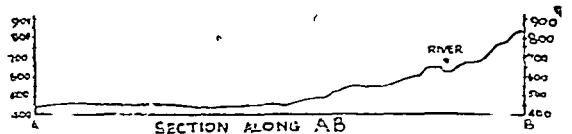
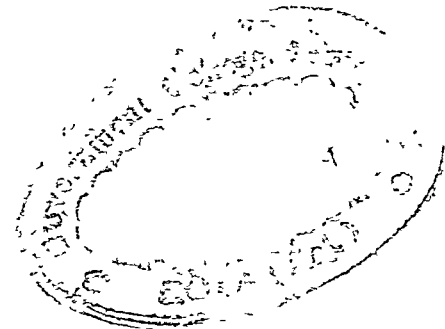
भू-पत्रक में तीन मुख्य नगर है: गौरेला पेन्द्रा तथा वेंकटनगर तीनों ही आवागमन के केन्द्र है तथा अच्छे वाजार है। तीनों को समीप के तालावों से काफी मात्रा में पानी मिल जाता है।

उदाहरण २ : पत्रक नं० ६३ $\frac{M}{१५}$

परिचय

पत्रक नं० ६३ $\frac{M}{१५}$ भारत के सर्वेक्षग विभाग द्वारा प्रकाशित १ इंच मानचित्र की परिपाटी का है। यह विहार के चम्पारन, नैपाल के वीरगंज तथा उत्तर प्रदेश के गोरखपुर के जिलों के क्षेत्र को प्रदर्शित करता है। इस क्षेत्र का सर्वेक्षण १९२१-२२ मे किया गया। मानचित्र का मापक १″=१ मील तथा समोच्ज रेखाओं के वीच की दूरी ५० फुट है।

उत्सेघ आकृतियां

उत्सेघ आकृतियों के दृष्टिकोण से भू-पत्र को दो भागों मे वांटा जा सकता है। इसका उत्तरी पूर्वी कोना पहाड़ी है जो पत्रक के पूर्वी किनारे के साथ उत्तर तक फैला हुआ है तथा वर्ग B_1 के उत्तरी पूर्वी भाग, वर्ग C_1 को लगभग सम्पूर्ण भाग तथा वर्ग C_2 के लगभग आधे भाग को घेरे हुए है। क्षेत्र का शेष भाग समतल मैदान है।

चित्र २८७—(अ)

चित्र २८७—(व)

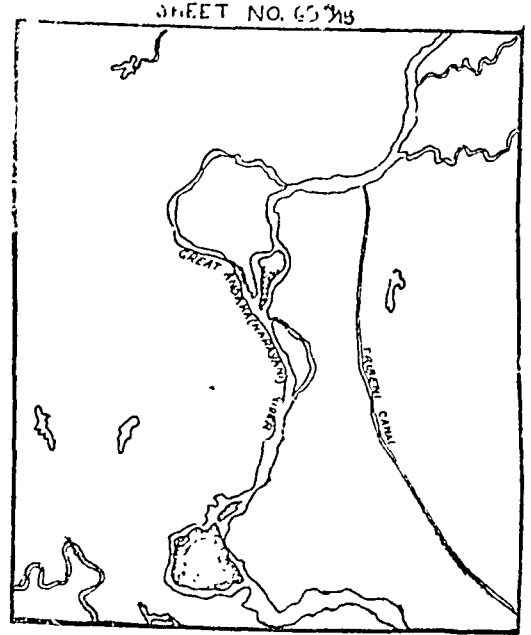
उत्तर-पूर्व में पहाड़ियां शिवालिक श्रेणियों के अनुक्रम में हैं। इनकी ऊँचाई कम है। सबसे कम ऊँचाई की समोच्च रेखा ३५० फुट की है। बहुत सी संख्या में पहाड़ियों की चोटियां हैं जिनका नाम मानचित्र में नहीं दिया गया है, ऊँचाइयां दी गई हैं। वे इस प्रकार हैं—८७४', ८०८', ६६९', ८९०', ८२८', १०११', १५३८', १६६०', २६५६', १२७० आदि आदि। सबसे ऊँची चोटी मन्दार थान है जिसकी ऊँचाई २७०६ फु० है। श्रेणियां पृथक-पृथक नहीं है बल्कि यह पहाड़ियों तथा घाटियों का एक सम्मेलन है। अधिकांश पहाड़ियां शंक्वाकार है किन्तु वर्ग C_2 में वे अपनी चपटी चोटियों सहित प्रायः बढ़ी हुई है। पहाड़ियों के ढाल बिल्कुल सीधे हैं।

समतल भूमि में कोई भा समोच्च रेखा नहीं है। अतः मैदान की आकृतियां ५० फुट से नीचे ही हैं। छोटी-छोटी उत्सेधाकृतियां, गहरी घाटियों, नारायणी नदी के ऊँचे किनारों तथा उसके शुष्क नदी-तल जो रावा नाम की एक छोटी नदी द्वारा अधिकृत कर लिया गया है, द्वारा सुसज्जित है।

जल प्रवाह

पहाड़ी भूभाग म नदियों का बहाव पश्चिम की ओर है। मुख्य नदी बड़ी गंडक (नारायणी नदी) है। इसमें कई छोटी छोटी नदियां पूर्व से आकर मिलती है। सोनह, कौना, मरहा तथा पंचनद मुख्य है। पंचनद स्वयं ही एक बड़ी नदी है। पश्चिम से आने वाली सहायक नदियां बहुत ही छोटी छोटी हैं, मुश्किल से उनकी लम्बाई १ मील होगी। ये मौसमी नदियां हैं जिनमें केवल वर्षा मे ही पानी रहता है। किन्तु पूर्व से आने वाली सहायक नदियों में साल भर पानी रहता है और वे अपेक्षाकृत बड़ी भी हैं। पहाड़ी क्षेत्र के अन्य स्थानों में नदियां बहुत छोटी तथा मौसमी है एवं महत्वहीन है। सम्पूर्ण नदियां यहां तक कि नारायणी भी पहाड़ी क्षेत्र में बहुत तेजी से बहती है। नारायणी नदी जैसे ही मैदान में उतरती है इसकी गति धीमी हो जाती है और वह अपनी प्रौढावस्था में जाती है। यह कई मोड़ों से होकर गुजरती है और उत्तर में अपनी पेटी को छोड़ देती है। यह पेटी अब रावा नदी द्वारा अधिकृत कर ली गई है। मानचित्र से यह भी स्पष्ट है कि मैदान के उत्तरी भाग में नदी सीधे बहने का प्रयत्न करती है। नदी का पहिले का मार्ग बहुत टेढ़ा है, नया मार्ग कम टेढ़ा तथा अपेक्षाकृत्ति सीधा है। नयी पुरानी की अपेक्षा पानी भी अधिक मात्रा रहता है। यह ध्यान देने की बात है कि छोड़ी हुई धारा उसके पूर्ण आकार में गोखुर झीलों का निर्माण नहीं करती, उसके बदले वहां एक छोटी नदी (रावा) बहती है।

चित्र २८८—नदियों आ बहाव

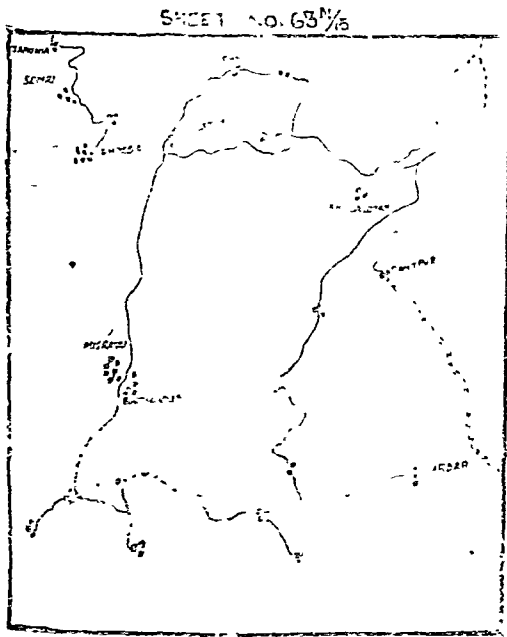
नारायणी नदी के दोनों किनारों पर बालू के बड़े-बड़े ढेर जमा रहते हैं। वास्तव में नदी भिन्न धाराओं के सम्मिलत से बनी है, इसमें से कई छोटी छोटी धाराएँ फुटती हैं जो कुछ दूर बहने के पश्चात आपस में मिल जाती हैं। कुछ क्षेत्रों में पानी बहुत जमा हो जाता है और बहुत से तालाब दलदली भूमि में परिणित हो गये हैं। इस प्रकार से तालाब वर्ग A_2 तथा P_3 में पायें जाते हैं। बिना तालाब के दलदली क्षेत्र भी अधिकांश वर्ग A_3 में पाये जाते हैं। दक्षिण में सत्तमान नदी का तल स्वयं ही दलदल है और यहां पानी जमा रहता है। भू-पत्र का दक्षिणी भाग तराई-प्रदेश है अतः यहां दलदल बहुत हैं।

वनस्पति

यहां अधिकांश जंगल हैं। ये जंगल लगभग सम्पूर्ण पहाड़ी भाग को आच्छादित करते हैं तथा वर्ग A के उत्तरी भाग समतल क्षेत्र में पाये जाते हैं। नारायणी नदी की पेटियों से भी जंगल पाये जाते है। दक्षिणी दलदली

भूमि में भी ये जंगल मिलते हैं। ये यहाँ भारत खण्ड सुरक्षित वन तथा डोमा खण्ड सुरक्षित वन के नाम से प्रसिद्ध हैं। ऊपर कथित क्षेत्रों में ये जंगल बहुत घने हैं। अन्य स्थानों पर जंगल नहीं है। इधर-उधर वृक्ष पाये जाते हैं। शेष भाग में छोटी-छोटी घासों से आच्छादित है जिसके बीच बीच मे कहीं कहीं वृक्ष उगे हैं। ऊसर भूमि भी है। नदियों के किनारे वृक्ष पाये जाते हैं। यहाँ प्राय: घास ही उत्पन्न होती है।

व्यवसाय

भू-पत्रक का अधिकांश भाग पीले रंग का है जो यह प्रदर्शित करता है कि कृषि यहां का मुख्य व्यवसाय है। घासों के विस्तृत भूखंड इस बात को सूचित करते हैं कि पशु-पालन भी यहाँ का एक व्यवसाय हो सकता है। लेकिन मानचित्र में नहीं दिखाया गया है अतः इस सम्बन्ध मे कुछ निश्चित रूप से नहीं कहा जा सकता।

सिंचाई

सिंचाई का महत्वपूर्ण होना भू-पत्रक से प्रकट नहीं होता कुओं की संख्या बहुत कम है और वे अधिकांशत: बस्तियों के निकट ही पाये जाते हैं। इससे यह प्रकट होता है कि ये कुएं सिंचाई के लिए न होकर आबादी के लिए जल-पूर्ति के साधन हैं। त्रिवेणी कैनाल नाम की एक नहर भी हैं किन्तु इसकी एक भी शाखा नहीं है। इस पत्रक में यह भूमि सिंचन नहीं करती। इस प्रकार यह स्पष्ट है कि वर्षा के रूप प्राकृतिक जल पूर्ति ही कृषि के लिए पर्याप्त है और सिंचाई बहुत आवश्यक नहीं है।

चित्र २८९—बस्तियां तथा आवागमन के साधन

यातायात के साधन

पत्रक मे दिखाये हुए क्षेत्र में यातायात के बहुत कम साधन है और सब पुराने हैं। न कोई सड़क है और न रेलवे लाइन। केवल बैल गाड़ियों के आने जाने के मार्ग हैं। बैल गाड़ियों के आने जाने के मार्ग केवल कृषि संबंधी क्षेत्रों तक ही सीमित हैं। ये मार्ग प्राय: जंगलों से दूर-दूर हैं और केवल संकरी पेटियों मे ही उनको पार करते हैं। कोई भी मार्ग नारायणी नदी को पार नहीं करता। कृषि वाले भूभागों में विभिन्न गाँवों को गाड़ियों के मार्ग परस्पर सम्बन्धित करते हैं।

बस्तियाँ

पत्रक में प्रदर्शित क्षेत्र में एक भी नगर नहीं है। नारायणी नदी के पश्चिम मे कृषिवाले भूखंड में बैधुलिया ही सबसे बड़ा ग्रामीण बाजार है। यहाँ सप्ताह में दो दिन सोमवार तथा शुक्रवार—बाजार लगता है। रघिया एक अन्य छोटा ग्रामीण बाजार है।

अधिकांश गाँव खेती वाले क्षेत्र में बंटे हैं जहां कि मीठे पानी के कुंए तथा पानी के निकास की समुचित व्यवस्था उपलब्ध है। खेतों के समीप ही ये गांव बसे है ताकि गांववासी कृषक सुविधा पूर्वक अपने कृषि कार्य को कर सकें। नारायणी नदी के पश्चिम के गांव उसके पूर्व के गांवों की अपेक्षा बड़े हैं और अधिकतर केन्द्रित पद्धति (Nuclear Pattern) पर बसे हैं। वर्ग A३ में ये रैखिक पद्धति (Linear Pattern) में माने जा सकते हैं क्योंकि ये अधिक जल-प्रवाहित वाले प्रदेश से सुरक्षित हैं।

उदाहरण ३ : पत्रक नं० ६३ $\frac{N}{६}$

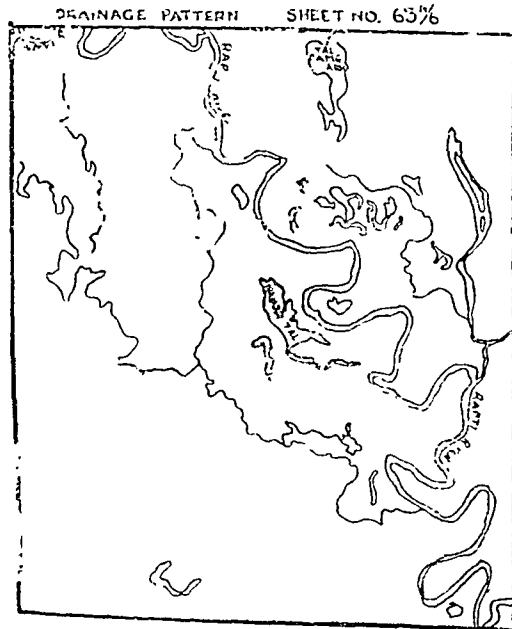
परिचय

यह पत्रक (६३ $\frac{N}{६}$) उत्तर प्रदेश के गोरखपुर जिले के एक क्षेत्र को प्रदर्शित करता है इसका सर्वेक्षण सन् १९१६-१७ में किया गया। मानचित्र का मापक १" = १ मील है तथा समोच्च रेखाओं के बीच की दूरी '५० फुट है।

उत्सेध आकृतियां

यह क्षेत्र समतल मैदान है। यह इसी बात से स्पष्ट है कि एक भी समोच्च रेखा इन भू-भाग से होकर नहीं जाती है। समोच्च रेखाओं की अनुपस्थिति प्रकट करती है कि ढाल बहुत कम है तथा उत्सेध आकृतियों की ऊँचाई ५०' से कम है। फिर भी, इसका अर्थ नहीं है कि प्रदर्शित क्षेत्र एक रूप है। गंगा—सतलज के सभी अन्य भागों मे जैसे उत्सेध जल भागों से सुसज्जित है उसी प्रकार इस पत्रक में प्रदर्शित क्षेत्र का लगभग आधा भाग राप्ती नदी के बाढ़ वाले मैदाल मे स्थिति है। इस बाढ़ वाले मैदान के दोनों ओर खड़े ढ़ाल हैं और ऊँजाई सहसा बढ़ जाती है। कुछ स्थानों में यह ऊँचाई (रामगढ़ ताल के पूर्व में) २० फुट तक है। बाढ़ क्षेत्र के भीतर धरातल बिल्कुल चपटा नहीं है बल्कि लहरदार है। प्रायः उत्सेध आकृतियां नदियों के किनारों से सज्जित हैं। राप्ती की छोटी सहायक नदियों के किनारे इनकी ऊँचाई ५' से १०' है। राप्ती के किनारों पर इनकी ऊँचाई २० फुट से अधिक है। प्रायः कटे हुए किनारों के बगल में ही ऊँचाई पाई जाती है। यह ५r. १०r से दिखाए गए है (r अक्षर आपेक्षित ऊँचाई को सूचित करता है। आपेक्षित ऊँचाई का अर्थ है खड़े ढाल की चोटी और पेदे के बीच की लगभग ठीक ऊंचाई)। बाढ़ के मैदान के किनारों के सीधे ढ़ाल तथा नदी के किनारे कटे हुए हैं। ये अधिक काली वक्र रेखाओं द्वारा दिखाये गए हैं जो गहरी घाटियों को प्रदर्शित करते हैं बाढ़ के मैदान के दक्षिणी किनारे का पूर्वी भाग तथा उत्तरी किनारे का पश्चिमी भाग विशेष रूप से कटा है। बाढ़ के मैदान पर। धरातल प्रायः समतल है। वर्ग A_2 तथा A_3 में कम ऊंचाई (१० फुट के लगभग) के मिट्टी के कुछ बाँध हैं इसमें से दो २०' तथा २५' ऊंचे हैं।

जल-प्रवाह

प्रदर्शित क्षेत्र का ढ़ाल उत्तर-पश्चिम से दक्षिण-पूर्व की ओर है। यह राप्ती नदी के बहाव द्वारा स्पष्ट है। इस पत्रक में राप्ती अपनी वृद्धावस्था मे बहती है। राप्ती के बाढ़-क्षेत्र लम्बा-चौड़ा है और नदी इसमे कई मोड़ों से होकर बहती है। वास्तव मे नीचे की ओर ढ़ाल इतना कम है कि पानी की गति बहुत ही मन्द है। नदी बहुत से झीलों का निर्माण करती है जो नदी की वर्तमान धारा के पूर्व मे एक के बाद एक स्थित हैं। वर्तमान धारा के पश्चिम में भी कुछ झील है। बाढ़ क्षेत्र का ढाल बहुत ही कम है और राप्ती के दाहिने किनारे पर प्राकृतिक बाँध बने हुए हैं जो राप्ती की सहायक नदियों दिनेही तथा अमी को काफी दूर तक उससे मिलने से रोकते है। अधिकांश क्षेत्रों में पानी निकलने का कोई साधन नहीं है और वर्ष भर ये पानी से भरे रहते हैं। ये क्षेत्र तालों के रूप में हैं जैसे रामगढ़ताल, बरुआ बड़ाताल, नदोरताल, पत्राताल, नरहीताल, कण्डलाताल। गीष्मकाल में इन तालों में कुछ ताल दलदली, भूमि में बदल जाते हैं। रामगढ़ताल तथा कण्डला ताल ऐसे ही ताल हैं। इस प्रकार इस बाढ़ वाले मैदान के कुछ भागों में से तो पानी निकलता ही नहीं और शेष भाग से पानी बहुत मन्द गति से निकलता है। बाढ़ वाले मैदान के ऊपर के साधारण मैदान में पानी आसानी से बाहर निकल जाता है हालाँ कि कुछ स्थानीय निम्नधरातल की भूमि में अस्थायी तथा छोटे-छोटे तालाब बन गए हैं।

चित्र २९०—नदियों का बहाव

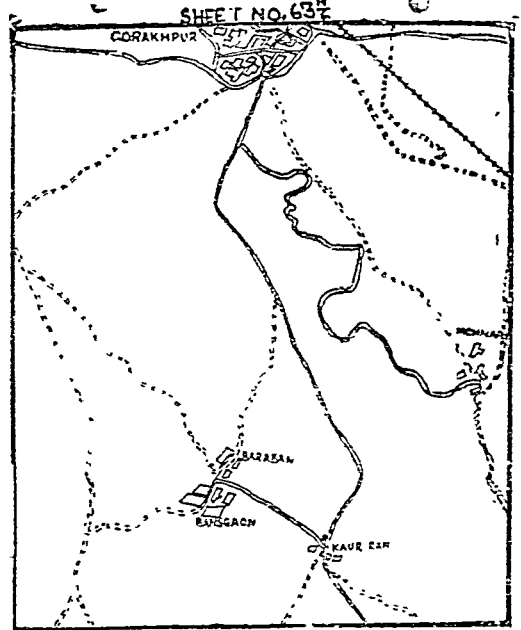
वनस्पति

इस क्षेत्र में पेड़ अधिकता से हैं। ये पेड़ बड़ी संख्या में हैं तथा चारों ओर फैले हुए हैं। पत्रक के उत्तरी-पूर्वी भाग में रामगढ़ सुरक्षित वन (Reserved) है। केवल बाढ़ वाले मैदान में वृक्ष विरल है, किन्तु इस मैदान में भी प्राकृतिक बाँधों पर इनकी संख्या अधिक है।

यातायात के साधन

पत्रक में जो क्षेत्र दिखाया गया है उसमें उत्तर-पूर्व में एक छोटी रेलवे लाइन जाती है। इस रेलवे लाइन का बहुत थोड़ा भाग इस क्षेत्र में पड़ता है। क्षेत्र भर में अन्य कोई रेलवे लाइन नहीं है। कटिहार से गोरखपुर को जाने वाली रेलवे लाइन इस क्षेत्र को पार करती है। रेलवे लाइन बाढ़ वाले मैदान के ऊपर वाले मैदान से होकर जाती है। यह चार बाँधों को पार करती है जिनके बीच की दूरियां ७ मील के लगभग हैं।

चित्र २९१—बस्तियां तथा आवागमन के साधन

कुछ पक्की सड़कें भी इस क्षेत्र में हैं। गोरखपुर से विभिन्न दिशाओं में ये सड़कें गयी हैं। सड़कें पूर्व, पश्चिम तथा दक्षिण को जाती है। पूर्व को जाने वाली सड़क बस्ती तथा पश्चिम को जाने वाली सड़क कसिया को चली गयी हैं। बस्ती को जाने वाली सड़क दक्षिण को ओर एक मोड़ लेती है और इस मोड़ से कुछ दूर बांध पर चलकर पश्चिम की ओर चली जाती है। दक्षिण की ओर जाने वाली सड़क मेहदिया को चली जाती है। लगभग ५ मील तक यह एक बांध पर चलती है। B. M. २४९ के समीप पूर्व की ओर एक सड़क दो भागों में बँट जाती है और नदी के पूर्व की ओर लगभग एक बांध के रूप में जाती हैं। ऐसा ज्ञात होता है कि सड़क एक लम्बे रक्षात्मक बांध के ऊपर बनी हुई है। मेहदिया को जाने वाली मुख्य सड़क प्राकृतिक बांध के ऊपर जाती है और फिर प्राकृतिक बांध के अंतिम सिरे के एक बनावटी बांध के ऊपर से कौड़ीराम को चली जाती है। एक छोटी सी पक्की सड़क द्वारा कौड़ी राम तथा बंसगांव जुड़े हुए हैं। कच्ची सड़कें भी काफी संख्या में हैं। गोरखपुर, कौड़ीराम तथा बंसगांव तीन मुख्य केन्द्र हैं।

मानव बस्तियां

ग्रामीण आबादी तितर बितर रूप में है। बहुत ऐसे गांव हैं जिनमें झोपड़ियां अथवा मकान का वितरण विस्तृत क्षेत्रफलों में है। अतः ये एक दूसरे से सटे हुए नहीं पाए जाते हैं। बाढ़वाली भूमि में बस्तियां नहीं हैं। उत्तरी पूर्वी भाग में जहां जंगलों को अधिकता है, वहां भी बस्तियां नहीं हैं पहिली दशा में बस्तियों का अभाव बाढ़ के कारण तथा दूसरी दशा में जंगलों तथा दलदली भूमि के कारण है। शेष भाग में हर जगह ग्रामीण बस्तियां हैं।

इस भूखण्ड का सबसे बड़ा नगर गोरखपुर है। यह राप्ती नदी के ऊँचे किनारे पर स्थित है जिससे पानी आसानी से नीचे बह जाता है। दक्षिण में कौड़ीराम की वही स्थिति है जो उत्तर में गोरखपुर की है। ऊँचे किनारे पर स्थित होने के कारण इसे पानी के निकल जाने की सुविधा प्राप्त है। बांसगांव की भी स्थिति ऐसी ही हैं। इसे भी पानी के निकास की सुविधा प्राप्त है। यह ध्यान में रखना चाहिए कि इस क्षेत्र में अत्यधिक जल वर्षा तथा जल की आवश्यकता ही नगरों को ऊँची भूमि पर बसने के लिए बाध्य करते हैं।

अध्याय ९

खनिज तथा चट्टान

(Minerals and Rocks)

भौतिक भू-आकृतियों की व्याख्या तथा उनके मूल्य निर्धारण के लिए भूगोल-वेत्ता को यह आवश्यक हो जाता है कि वह पृथ्वी के बाहरी भाग (Earth Crust) पर पाई जाने वाली प्रमुख वस्तुओं की प्रकृति तथा उनके गुणों से परिचय प्राप्त करे। यद्यपि अब तक ९८ रासायनिक तत्व प्राप्त हुए हैं किन्तु पृथ्वी के ऊपरी धरातल की ९९% चट्टानें केवल ९ तत्वों द्वारा ही निर्मित हैं :—

तालिका १ : पृथ्वी के धरातलीथ चट्टानों के औसत मिश्रण

(After Clark and Washington)

तत्वों के रूप में			आक्साइड के रूप में			
नाम	संकेत चिन्ह	प्रतिशत	नाम	सूत्र	प्रतिशत	
ओषजन	O	४६·७१	सिलिका	SiO_2	५९·०७	
सिलिकन	Si	२७·६९	अल्यूमीना	Al_2O_3	१५·२२	
अल्यूमीनियम	Al	८·०७	आइरन आक्साइड[1]	$Fe_2''O_3$	३·१०	६·८१
लोहा	Fe	५·०५		$Fe''O$	३·७१	
कैल्शियम	Ca	३·६५	चूना	CaO	५·१०	
सोडियम	Na	२·७५	सोडा	Na_2O	३·७१	
पोटैशियम	K	२·०८	पोटाश	K_2O	३·११	
टिटैनियम	Ti	०·६२	मैगनीशिया	MgO	३·४५	
हाइड्रोजन	H	०·१६	टिटैनिया	TiO_2	१·०३	
			पानी	H_2O	१·३०	
		९९·३४			९८·८०	

जड़ गुणधारी एक साधारण तत्व अथवा यौगिक जिसका सूत्र एवं भौतिक गुण निश्चित होते हैं, खनिज कहा जाता है। स्फटिक पत्थर (quartz) एक खनिज है क्योंकि यह सिलिकन (Si) तथा ओषजन (O) के योग से बना है और इसका रासायनिक मिश्रण (SiO_2) सर्वदा निश्चित रहता है। पानी (H_2O) भी खनिज ही है।

चट्टानें खनिज अथवा खनिजों के मिश्रण अथवा कार्बनिक वस्तुओं के संयोग से बनी होती हैं। चूने का पत्थर (Lime Stone) एक ऐसी चट्टान है जिसमें केवल एक खनिज है; ग्रेनाइट (granite) एक ऐसी चट्टान है जिसमें तीन खनिज (Quartz, feldspar, mica) मिले रहते हैं। लेकिन स्फटिक (quartz) जो सर्वाधिक पाया जाने वाला खनिज है, चट्टान नहीं है क्योंकि पृथ्वी के विशाल क्षेत्र पर ढेर रूप में या समूह रूप में नहीं पाया जाता। पत्थर का कोयला एक चट्टान है जो खनिजों द्वारा नहीं निर्मित है।

खनिज के प्रकार (Kinds of Minerals)

कुछ खनिज (जो प्राकृतिक खनिज कहे जाते हैं) जैसे हीरा, सोना, चाँदी, ताँबा केवल एक तत्व से ही निर्मित होते हैं किन्तु अधिकांश खनिज दो अथवा दो से अधिक तत्वों के संयोग से निर्मित होते हैं। तत्वों के साधारण मिश्रण इस प्रकार हैं :—

---

*There are two types iron-oxides: ferrous oxides FeO, and ferric oxide Fe_3O_2. In order to make distinction between the two, ferrous iron is denoted by Fe″ and ferric iron by Fe″.

(१) ओपजन तथा अन्य तत्वों के संयोग से बने हुए आक्साइड जैसे, स्फटिक पत्थर—SiO_2; मैगनेटाइट—Fe_3O_4; हेमेटाइट—Fe_2O_3; लाइमोनाइट—2 Fe_2O_3 क्रोमाइट—$FeO\ Cr_2O_2$; अल्यूमीना—Al_2O_3: सोडा—Na_2O; पोटाश—K_2O; पानी—H_2O आदि।

(२) सल्फाइडस (Sulphides)—चट्टान बनाने वाले खनिज के रूप में इसका कोई विशेष महत्व नहीं हैं। इसके उदाहरण हैं: पाइराइट—FeS_2; गलेना—PbS; सिनाबार—HgS; रीलगर—AsS; स्टीबनाइट—Sb_2S_3.

(३) कार्बोनेटस (Corbonates)—कैलसाइट (Calcite—$CaCo_3$) तथा डोलोमाइट (Dolomite—CaMg) चट्टान बनाने वाले अधिकता से प्राप्त होने वाले खनिज हैं। ये कैलसियम, कार्बन तथा ओपजन के संयोग से अथवा कैलसियम मैगनीसियम, कार्बन तथा ओपजन के संयोग से निर्मित होते हैं। इनके अन्य उदाहरण हैं: साइडराइट—$FeCo_3$; स्मिथसोनाइट—$Zr\ Co_3$;—रोडोक्रोसाइट $MrCO_3$

(४) क्लोराइडस (Chlorides)—ये नमक की चट्टानों अथवा हेलाइट (NaCl) द्वारा प्रदर्शित की जाती हैं।

(५) सल्फेट्स (Sulphates)—इसके उदाहरण हैं जिप्सम—$CaSo_4 2H_2O$ बैराइट—$BaSo_4$

(६) सिलिकेट्स (Silicates)—सिलिकेट, सिलिकन तथा ओपजन के संयोग से बनता है और अन्य खनिजों के साथ तीनों मुख्य समूहों में प्राय: पाया जाता है। उदाहरणार्थ—

फेलसपर आर्थोक्लेज—$K_2O\ Al_2O_3.\ 6\ SiO_2$;
मास्कोवाइट (उज्वल माइका)—$K_2O.\ 3\ Al_2O_3.\ 6\ SiO_2.\ 2H_3O$
क्लोराइट—5 $(MgFe)O.\ Al_2O_3.\ 3\ SiO_2.\ 4\ H_2O$
गार्नेट—3 $FeO.\ Al_2O_3.\ 3\ SiO_3$

खनिज के भौतिक गुण

(Physical Properties of Minerals)

खनिजों के महत्वपूर्ण भौतिक गुण निम्न हैं:—

(१) **रवा—प्रणाली** (Crystal Systems)—बहुत से खनिज रवेदार होते हैं और ज्यामितिक ६ रूपों में से किसी एक रूप में होते हैं—घनाकार (पाइराइट): चतुष्कोणीय (जिरकॉन); षटकोणीय (क्वार्टज); विषमकोण समचतुर्भुजीय (टोपाज); एक अक्ष के सहारे झुका हुआ (Moncclinic) आर्थोक्लाज; तथा तीन अक्षों के सहारे झुका हुआ (Triolinic—अलबाइट)

(२) **रंग** (Colour)—रंग रासायनिक मिश्रण के सूचक हैं और खनिजों की पहचान में प्राय: सहायता प्रदान करते है। लेकिन कुछ खनिजों में रंगों का आभास बहुत घटता-बढ़ता है, अत: रंग सर्वदा सफल निर्देशक नहीं होता।

(३) **कठोरता** (Hardness)—कठोरता को नापने के लिए ये १० खनिज एक मापक प्रस्तुत करते हैं:—

(१) टाल्क (Talc)—सबसे मुलायम
(२) जिप्सम (Gypsum)
(३) कैलसाइट (Calcite)
(४) फ्लोराइट (Flourite)
(५) एपेटाइट (Apatite)
(६) आर्थोक्लाज (Orthoclase)
(७) क्वार्टज (Quartz)
(८) टोपाज (Topas)
(९) सैफ्फायर (Sapphire)
(१०) हीरा (Diamond) सबसे कठोर

किसी खनिज की कठोरता ज्ञात करने के लिए उसके धरातल पर सबसे मुलायम खनिज से खरोचना प्रारम्भ कीजिए और फिर क्रमश: उससे कठोर खनिजों से खरोचिये। जिस खनिज से उस विशेष खनिज पर खरोच आ जायेगी उसके कठोरता की नाप वही होगी।

(४) **दरार** (Cleavage)—बहुत से खनिज अपने आणविक विन्यास के कारण एक अथवा एक से अधिक समानान्तर चिकने तलों के सहारे टूट जाते हैं। दरार तथा टूटन (Fracture) में अन्तर उसके टूटने के अव्यवस्थित प्रकृति (Irregular nature) द्वारा किया जाता है।

(५) **प्रभा** (Lustre)—खनिज के धरातल पर प्रकाश के परावर्तन के कारण उसका कुछ रूप ही दूसरा हो जाता है। प्रकाश के कारण खनिज के उस प्रकाशन को प्रभा कहते है। ये प्रभा निम्न प्रकार की होती है :—

(१) धातु प्रभा (Metallic)	पालिश की हुई चाँदी
(२) काँच प्रभा (Vitreous)	क्वार्टज
(३) सर्जरस प्रभा (Resinous)	ओपल
(४) मौक्तिक प्रभा (Pearly)	टल्क
(५) रेशमी प्रभा (Silky)	एस्बेस्टोज
(६) तलाक प्रभा (Oily)	तेल
(७) पार्थिव प्रभा (Earthy)	उदासीन शुष्क पृथ्वी की तरह
(८) हीरक प्रभा (Adamantive)	हीरा।

(६) **आपेक्षित घनत्व** (Specific Gravity)—पानी तथा खनिज के घनत्व के अनुपात को आपेक्षित घनत्व कहते है। क्वाटज का आपेक्षित घनत्व २·६ है जब कि मगनेटाइट का ५·२।

(७) **पारदर्शकता** (Diaphanity)—यदि खनिज के एक पतले प्लेट मे से कोई वस्तु देखी जा सके तो उसे पारदर्शक कहते हैं और यदि उसमे से कुछ प्रकाश आये किन्तु वस्तु पहचानी न जा सके तो उसे पारभासक (Translucent) कहते हैं। यदि उसके द्वारा बिल्कुल प्रकाश न आये तो उसे अपारदर्शक (Opaque) कहते हैं।

तालिका २ : बीस प्रचलित खनिज—परिचय तालिका

१. बिना दरार वाले खनिज

(After Von Engelon and Caster)

Hardness	Lustre	Colour	Streak	Name	Composition	Distinguishing Characteristics
7	Dull to glassy	Any colour or clear	White	Quartz	SiO_2	7 hardness, Conchoidal fracture. Many varieties, but single crystals always hexagonal.
7	Glassy	Commonly dark reddish	Light	Garnet	Si with Mg Ca, Fe, Al	Red colour. 7 hardness, Break looks like cleavage. Crystals are many-sided 'nuggets'.
7 to 6-5	Glassy	Olive green to yellowish green	Yellowish to light	Olivine	$(Mg. Fe)_2$ SiO	Yollowish streak. Hardness and fracture are like those of quartz.
6-5 to 6	Metalic	Brass yellow	Black to green black	Pyrite	FeS	Brassy look. 6.5 to 5 hardness. Uneven fracture.
6 to 2	Metallic to dull	Red to steel grey	Red to red-brown	Hematite	Fe_2O.	Red streak. Commonly a soft, earthy or volitic (fish egg) mass
5	Metallic to dull	Black to grey	Black	Magnetite	Fe_3O_4	Magnetic. Heaviness. Black streak.
5 to 2	Dull to somewhat metallic	Yellow to brownish black	Yellow or yellow brown	Limonite	$2 Fe_2O_3 3 H_2O$	Yellowish streak. Iron rust is limonite.
3 to 2	Greasy, waxy pearly	Different shades of green	Greenish white	Serpentine	$3 MgO$ $2 SiO_2 \cdot 2 H_2O$	From green olivine or quartz by softness; from green chlorite by no cleavage.
3 to 2	Pearly or silky	White to reddish	White	Gypsum	$CaSO_4 \cdot 2 H_2O$	Softness. Fine parallel needles. Hardest when massive.

२. बरार वाले खनिज

Cleavage	Hardness	Lustre	Colour	Streak	Name	Composition	Distinguishing Characteristics
1 good 2 poor	2 to 3	Satiny	White to reddish	White	Selenite	$CaSO_4$ $2H_2O$	Flexible but not elastic eleavage sheets. Crystalline form of gypsum.
1 perfect	2 to 2·5	Pearly	Green, rather dark	White to pale green	Chlorite	Mg. Fe. Al. Silicate	By softness from green olizine or quartz; by cleavage from serpentine.
1 perfect	2 to 2·25	Pearly	White or blacky	White (Muscovito)	Mica	K Al. Mg Fe. slilicate	Thin cleavage plates are elastic. White is muscovite; black is biotite.
3 not at right angles	3	Glassy to dull	White, blue, pink	White	Calcite	$CaCO_2$	Bubbles when acid is put on. Cleavage angles. In massive form is limestone.
not at right angles	3 to 4	Glassy to dull	White. blue. pink	White	Dolomite	$CaMg(CO_3)_2$	Only fine powder, bubbles feebly when put in acid. Somewhat harder than calcite.
6	3·5 to 4	Resinouc	Yellow or brown	Light yellow or white	Sphalerite	Zns	Resinous lustre. Abundant cleavage.
at right angles	2 to 5	Metallic	Lead colour	Black	Galena	PbS	Very heavy. Three perfect cleavages at right angles.

Cleavage	Hardness	Lustre	Colour	Streak	Name	Composition	Distinguishing Characteristics
2 meeting at 56° and 124° angles	5 to 6	Glassy to dull	Black Greenish Black	White to greanish grey brown	Hornblende	Ca, Fe. Mg, Al, Silicate	Cleavage angle. Splintery cleavage. Dull ends of splinders.
2 meeting at 87° and 93° angles	5 to 6	Glassy to dull	Dark green to brown to black	White to greenish grey	Augite	Ca, Mg, Al, Fe. Na, Silicate	Cleavage at nearly right angles. Square ends of small crystals.
2 meeting at right angles	6	Glassy to porcelain	Flesy colour to red	White	Orthoclase Feldspar	KCl Si_3 O_3	Cleavage exactly at right angles, but hard to determine. Light colour to rod
2 meeting very nearly at right angles	6	Glassy to porcelain	Gray to bluish	White	Plagioclase Feldspar	Na and Ca with Al_2 Si_2 O_2	Dark colour. May show fine parallel lines on cleavage faces

चट्टानों के प्रकार (Kinds of Rocks)

चट्टानों के तीन मुख्य समूह हैं: (१) आग्नेय चट्टानें (Igneous Rocks), (२) पर्तदार चट्टानें (Sedimentary Rocks) तथा (३) रूपान्तरित चट्टानें (Metamorphic Rocks)। तीनों समूहों के उदगम के रूपों, संघटनों तथा भौतिक गुणों में बहुत अन्तर पाया जाता है। इनकी विस्तृत व्याख्या भू-रूपों (Geomorphology) की पुस्तक में मिलेगी। संक्षेप में वे इस प्रकार हैं:—

तालिका ३. साधारण चट्टानों का वर्गीकरण
(After Fletcher and Wolfe)

Classes of Rocks	Origin	Texture	Representative Types
Igneous	Cooled from a hot liquid state	Large crystals	Pegmatite
		Small crystals	Granite, Diorite. Syenite. Gabbro, Diabasc, Dolerite, Doleri
		Large and small crystals	Prophyry
		Compact (micrns-eopic erystals)	Felsite, Basalt
		Glassy (unformed crystals)	Obsidian, Pumice, Basalt glass, Pitchstone
Sedimentary (stratified)	Deposited in water	Fragmental	Conglomerate. Sandstonc
		Compact	Shale, Limestone. Peat, some Iron ores
		Crystalline	Salt, Gypsum
Metamorphic	Igneous or Sedimentary rocks, changed by heat, pressure, water and movement	Coarsely banded and crystalline	Gneisses. Schists
		Very fine bands	Slates, Phylites
		Compact	Quartzite
		Crystalline	Marble

तालिका ४—कुछ सामान्य चट्टानों के औसत खनिज मिश्रण

(After A. Holmes)

Minerals	Igneous Rocks		Sedimentary Rocks		
	Granite	Basalt	Sandstone	Shale	Limestone
Quartz	31·3	—	69·8	31·9	3·7
Felspar	52·3	46·2	8·4	17·6	2·2
Mica	11·5	—	1·2	18·4	—
Clay Minerals	—	—	6·9	10·0	10
Chlorite	—	—	1.1	6·4	—
Hornblende	2·4	—	—	—	—
Augnite	rare	36·9	—	—	—
Olivine	—	7 6	—	—	—
Calcite and Dolomite	—	—	10·6	7·9	92·8
Iron Ore	2·4	6·5	1·7	5·4	0·1
Other Minerals	0·5	2·8	0·3	2·4	0·3

कुछ प्रमुख चट्टानें

आग्नेय चट्टानें (Igneous Rocks):

(१) **ग्रेनाइट** (Granite)—यह बहुतायत से पाई जाने वाली अम्लीय आग्नेय चटान (acid plutonic Rock) है और अपने पिंडाकार गुण के लिए प्रसिद्ध है। रासायनिक मिश्रण तथा तन्तुरचना (Texture) के अनुकूल ग्रेनाइट के बहुत से प्रकार हैं: हार्नब्लेंड ग्रेनाइट (हार्नब्लेड के साथ ग्रेनाइट); पेगमाटाइट (क्वार्टज तथा आर्थोक्लाज के साथ ग्रेनाइट); ग्रेनाइट पॉरफेरी (पूर्णतः स्फटिक चट्टान); प्यूमिस, आब्सीडियम, तथा पिचस्द न (ग्रेनाइट परिवार की शीशी की तरह की चट्टान)

खनिज मिश्रण तथा दानेदार तन्तुरचना के अनुसार ग्रेनाइट के रंगों में विभिन्नता होती है, हाँला कि उनमें से अधिकांशतः हल्के रंग के होते हैं। अर्थोक्लाज की उपस्थिति के कारण ग्रेनाइट का रंग गुलाबी अथवा हल्का गुलाबी होता है जब कि सानब्लेन्ड ग्रेनाइट या बियोटाट का रंग गहरा भूरा होता है। ग्रेनाइट चट्टानों का आपेक्षित घनत्व २·६३ तथा २·७५ के बीच होता है।

(२) **सीएनाइट** (Syenite)—यह अर्द्ध-अमलीय आग्नेय चट्टानें हैं जो बहुत कुछ ग्रेनाइट सदृश ही लगती हैं किन्तु इनमें क्वार्टज नहीं होता। ये चट्टाने अधिकांश आर्थोक्लाज फेल्ड्सपर से बनी होती हैं जिनमें गौणरूप से अल्बाइट, हार्नब्लेन्ड, बिओटाइट, आगाइट, नेफेलाइट तथा ल्यूसाइट जैसे खनिज मिले रहते हैं। ग्रेनाइट की तरह ये भी कई प्रकार की होती हैं: हार्नब्लेन्ड सीएनाइट, नेफेलाइट सीएनाइट, पॉरफेरी तथा ट्रेचाइट आदि।

ये प्रायः हल्के रंगों की होती हैं। इनका अपेक्षित घनत्व २·६ तथा २·८ के बीच में होता है।

(३) **डाइओराइट** (Diorite)—यह मुख्य रूप से हार्नब्लेन्ड तथा विभिन्न फेल्ड्सपरों द्वारा निर्मित होती हैं। कभी-कभी इनमें क्वार्टज भी मिला रहता है। एन्डेसाइट डाइओराइट का aphanitic रूप है।

इसका रंग काला, गहरा भूरा, गहरा बदामी तथा हरा होता है। लोहा तथा मैंगनीसियम की अधिकता के कारण इनका आपेक्षित घनत्व अधिक होता है तथा ५·८५ तथा ३ के बीच में बदलता रहता है।

(४) **गबरो** (Gabbro)—गैबरो चट्टानों में पाइराक्सिन (Pyroxene) तथा लेब्राडोराइट (Labrodo-rite) की अधिकता होती है, अतः ये चट्टानें भारी होती हैं। ओलिविन (Olivine) अधिक परिमाण में पाया जाता है लेकिन बिओटाइट (Biotite) तथा हार्नब्लेन्ड शायद ही कभी पाये जाते हैं। इसके मुख्य प्रकार हैं: ओलिविन गैबरो, बेसाल्ट (aphanitic रूप) तथा ओलिविन बेसाल्ट।

इसके मोटे दानेदार प्रकारों का रंग काला भूरा, हरा अथवा काला होता है किन्तु, बेसाल्ट का रंग काला अथवा गहरा भूरा होता है तथा आपेक्षित घनत्व ३ तथा ३·३ के बीच होता है।

(५) **डोलेराइट** (Dolerite)—यह छोटे दाने की आग्नेय चट्टानें है जिसमें प्लेगिओक्लाज (Labrado-rite) तथा पाइराक्सिन अधिकता से पाया जाता है। आलिविन भी कभी-कभी पाया जाता है। इसका रंग प्रायः काला होता है। तथा आपेक्षित घनत्व २·६४ तथा ३·१२ के बीच बदलता रहता है।

(५) **बेसाल्ट** (Basalt)—ये भी छोटे दानों की आग्नेय चट्टानें हैं किन्तु ये क्षारीय-गुणों से सम्पन्न होती है। इसके मुख्य अवयव हैं कैलसिक प्लेगियोक्लेज, आगाइट (augite), ओलिविन, मैगनेटाइट या इल्मेनाइट लेकिन इसमे कभी-कभी एगेट (क्वार्टज), हाइपर्सथेल, हार्नब्लेड अथवा बियोटाइट भी उपस्थित रहते हैं।

बेसाल्ट का काला रंग लोहे की अधिक मात्रा में उपस्थिति के कारण है। इसका आपेक्षित घनत्व २·९ तथा ३·१ के बीच होता है।

पर्तदार चट्टानें (Sedimentary Rocks):

(१) **बलुआ पत्थर** (Sandstone)—बलुआ पत्थर मुख्य रूप से क्वार्टज के छोटे-छोटे दानेदार टकड़ों से बने होते हैं, हाँलाकि अन्य खनिज भी इसमें मिले हुए पाये जाते हैं। सिलिका तथा आइरन आक्साइड (हेमेटाइट) सदृश सन्धि जोड़ने वाले खनिजों के उपस्थिति के कारण यह एक बहुत कठोर चट्टान का रूप ग्रहण कर लेता है। स्तरीय रूप में पाये जाने के कारण यह आसानी से खोदकर निकाला जाता है और मकान बनाने के काम आता है। अन्य क्लास्टिक चटटानों की तरह इसका भी रंग सफेद, भूरा, बदामी, अथवा लाल होता है।

(२) **कांग्लोमीरेट** (Conglomerate)—ये चटटानें बालूकणों, स्फटिक पत्थरों तथा पत्थरों के टकड़ों द्वारा निर्मित होती हैं। ये बहुधा 'पुडिंग स्टोन' (Pudding-Stone) के नाम से सम्बोधित की जाती है। अत्यधिक कठोर होने के कारण ये कटानों को रोकती हैं। तन्तुरचना तथा रंगों के दृष्टि कोण से इनमें विभिन्नता पाई जाती है।

(३) **चूने का पत्थर** (Lime Stone)—यह कैलसियम कार्बोनेट से युक्त महत्वपूर्ण चटटान है और भव्य महलों के निर्माण में प्रयोग किया जाता है। चूने के पत्थर की बहुत सी चटटानें खण्ड-खण्ड रूप में होती हैं। ये मोटी और पतली दोनों प्रकार की तहों में पाई जाती हैं और विभिन्न रगों की होती है। इनका आपेक्षित घनत्व २·५ तथा २·८ के बीच होता है।

(४) **खड़िया मिट्टी** (Chalk)—यह चूर्ण होने योग्य कोमल चटटान है जो कैलसियम कार्बोनेट से बनी होती हैं। ये अन्य आवरणों से भी घिरी हुई हो सकती है जो चूने तथा सिलिका से बने होते हैं। इसका ंग सफेद, लाल अथवा पीला होता है।

(५) **लोएस** (Loess)—यह हवा द्वारा उड़ाकर लाये गये मिटटी के कणों द्वारा निर्मित होती है। ये पर्तदार नहीं होती तथा शीघ्र ही कट जाती हैं। यह प्रायः हल्का बदामी या पीला होती है।

(६) **शेल** (Shale)—शेल ठोस रूप में कीचड़ है जो फेल्डस्पर, क्वार्टज, अबरख तथा मिट्टी का बना होता है। चूँकि फेल्डस्पर पृथ्वी के ऊपरी भाग में अधिकता मे पाई जाने वाली वस्तु है अतः शेल सर्वाधिक व्यापक पर्तदार चट्टान है।

रूपान्तरित चट्टानें (Metamorphic Rocks)

(१) **संगमरमर** (Marble)—संगमरमर ऐसे चूने का पत्थर है जो भार तथा ताप के प्रभाव से रवा रूप में परिणित हो गया है। यदि चूने का पत्थर शुद्ध है तो संगमरमर सफेद होगा, किन्तु जब चूने के पत्थर में अन्य कार्बोनेट खनिज जैसे डोलोमाइट, तथा बालू की अशुद्धियाँ अथवा चिकनी मिट्टी मिली रहती है तो संगमरमर का रंग कुछ भिन्न प्रकार का होता है। जबलपुर के समीप भेराघाट में काला संगमरमर भी मिलता है।

(२) **स्लेट** (Slate)—स्लेट जैसी चट्टानें शेलों (Shales) के रूपान्तरीकरण की प्रक्रिया द्वारा निर्मित होती हैं। इसकी बनावट न तो स्तर-बद्ध होती है और न पर्तदार होती है बल्कि दरार वाली होती है। इसका रंग भूरे और काले के बीच में विभिन्न रंगों में होते हैं किन्तु लाल, बैंजनी तथा हरे रंग का भी कभी-कभी पाया जाता है।

(३) **क्वार्टजाइट** (Quartzite)—यह दानेदार रूपान्तरित चट्टान है जो बलुआ पत्थर का पुनर्रवीकृत रूप है। इसकी तन्तुरचना अत्यधिक घनी होती है और इसलिए यह कठोर होता है। इसके रंगों में बहुत विभिन्नता पाई जाती हैं—सफेद, भरा, पीला, हरा तथा लाल।

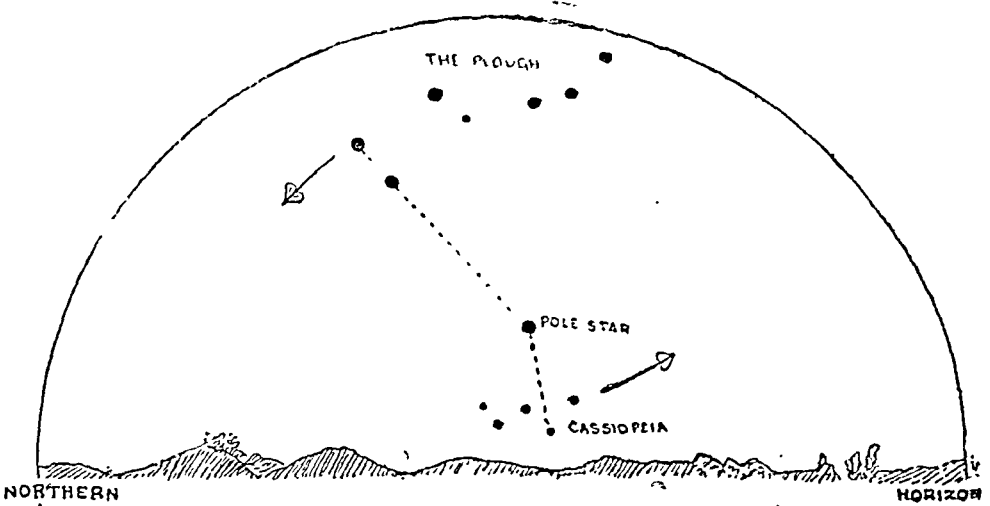
(४) **नीस** (Geniss)—यह मोटे दाने की चट्टान है जो प्रायः फेल्सपर, ग्रेनाइट अथवा डियोराइट मिश्रण से बनी होती है, इसके बहुत से प्रकार होते हैं जसे हार्नब्लेंड नीस, बिओटाइट नीस, आगाइट नीस, ग्रेनाइट नीस, सिएनाइट नीस, आदि। यह सफेद, भूरा लाल, बादामी, हरा तथा काले रंग का होता है।

(५) **शिस्ट** (Schists)—ये पत्राकार रूपान्तरित चटटाने हैं। 'नीस' के विपरीत ये समरूप पर्तों मे बाँटी जा सकती है। इनकी तन्तुरचना बिल्कुल रवादार होती है। इनके रंग इनके खनिज मिश्रणों पर निर्भर करती है। माइका-शिस्ट का रंग भूरे से बदामी तक; क्लोराइट शिस्ट का रंग हरा; हार्नब्लेन्ड का हरा से काला तक; तथा टेल्क शिस्ट का हल्का सफेद से पीला।

परिशिष्ट : अ

वास्तविक उत्तर ज्ञात करने की विधि

(Ways of Finding the True North)

ध्रुव-तारा की दिशा ठीक-ठीक उत्तर की दिशा है। यह वास्तविक उत्तर[1] (True North) के २° अंश के भीतर में पड़ता है, अतः सर्वदा विश्वसनीय है। यह ध्रुवतारा दो नक्षत्र-पुंजों की सहायता से आकाश में पहचाना जा सकता है। वे दो नक्षत्र-पुंज हैं—(१) सप्त-ऋषि मंडल (Great Bear) तथा (२) कासीओपेइया (Cassiopeia)। सप्त-ऋषि मंडल में सात तारे हैं तथा हल (Plough) के आकार में हैं। समलम्ब चतुर्भुज बनाने वाले चार तारों में से आगे के दो तारे निर्देशक तारे कहे जाते हैं। इन दोनों निर्देशक ताराओं को मिलाने वाली रेखा ध्रुव-तारा से होकर जाती है। सप्त ऋषि मंडल (Great Bear) ध्रुव-तारा के चारों ओर घूमते हैं लेकिन सभी स्थितियों में ये दोनों निर्देशक तारे तथा ध्रुव-तारा एक रेखा में रहते हैं।

चित्र २९२—ध्रुव-तारा

घड़ी द्वारा वास्तविक उत्तर ज्ञात करना

एक घड़ी लीजिये और उसे इस प्रकार रखिये कि उसकी घन्टे की सुई ठीक सूर्य की दिशा को सूचित करे। मिनट की सुई का बिल्कुल विचार न किया जायेगा। जब घन्टे की सुई ठीक-ठीक सूर्य की दिशा में हो जाय तो डायल के केन्द्र तथा डायल पर अंकित अंक १२ को मिलाने वाली रेखा तथा घन्टे की सुई के बीच के कोण की अर्द्धक रेखा दक्षिण दिशा को सूचित करेगी। और इसके विरुद्ध दिशा में उत्तर होगा।

1. Esson and Phillip, Map Reading Made Easy, p. 26, 1920.

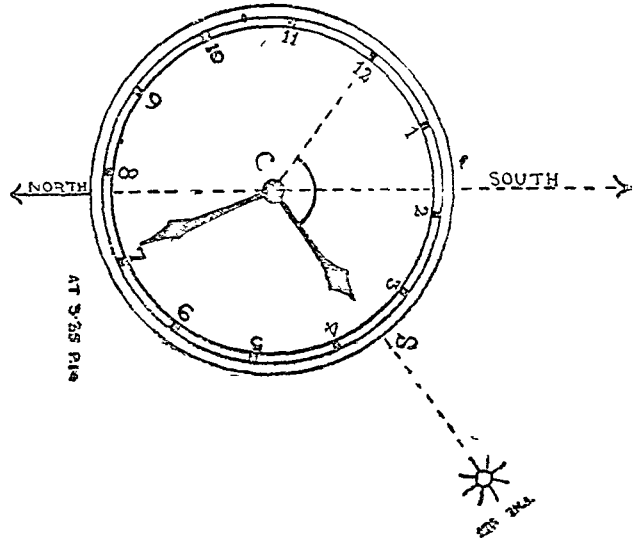
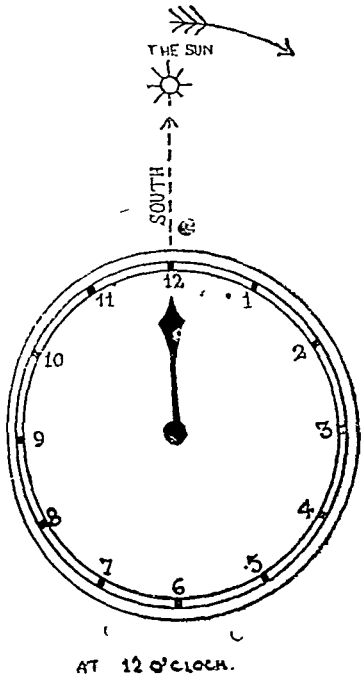
THE SUN

SOUTH

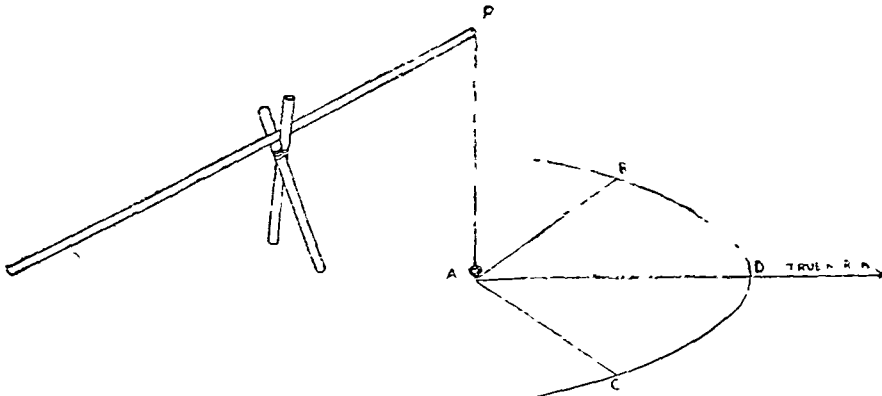
AT 12 O'CLOCK.

NORTH

SOUTH

AT 3:25 P.M.

चित्र २९३ तथा २९४—घड़ी द्वारा ास्तविक उत्तर का निर्धारण

सूर्य की छाया दारा वास्तविक उत्तर ज्ञात करना

लकड़ी के दो छड़ियों (Sticks) को कैंचीनुमा बाँधकर ऐसा आकार बनाइये कि वह एक बाँस के लट्ठ को आधार प्रदान कर सके। इस लटठे को छड़ियों के कैंचीनुमा आकार पर इस प्रकार रखिये कि वह झुकी हुई स्थिति में हो। झुके हुए लटठे के सिरे से एक लटकन टाँगिये जो जमीन को A पर स्पर्श करे। दोपहर के दो घन्टा पहिले उस विन्दु को नोट कीजिये जहाँ तक लट्ठे की छाया पहुँचती है और वहाँ एक खूँटी B गाड़ दीजिये। AB की त्रिज्या लेकर एक वृत्त खींचिए। अब, जैसे-जैसे दोपहर होता जायेगा सूर्य ऊपर चढ़ता जायेगा और लट्ठे की छाया छोटी होती जायेगी। ठीक दोपहर को छाया सबसे छोटी होगी। फिर छाया

चित्र ०९५—छाया द्वारा वास्तविक उत्तर ज्ञात करना

धीरे-धीरे बढ़ती जायेगी। छाया का निरीक्षण करते रहिये कि कब वह परिधि को स्पर्श कर रही है। जहाँ वह परिधि को स्पर्श करे वहाँ C बिन्दु चिन्हित कर दीजिये। BC को बराबर भागों में बाँटिये। AD को मिलाइये और बढ़ाइये। तब AD की दिशा वास्तविक उत्तर (True North) को सूचित करेगी।

चुम्बकीय उत्तर दिशा (Magnetic North) ज्ञात करने की विधि बहुत सरल है और इसके लिये कई यंत्र बनाये गये हैं। कुतुबनुमा (Magnetic Compass) उनमें से एक सरल यंत्र है।

परिशिष्ट : व

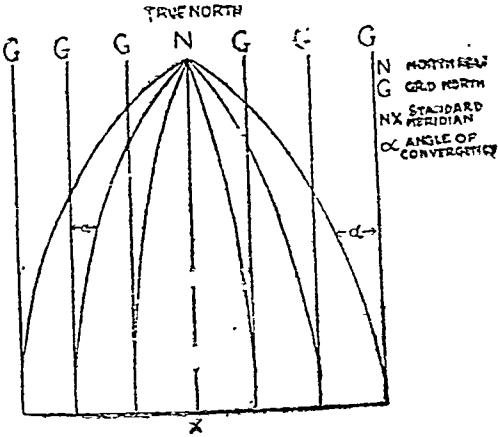
संकेत की ग्रिड प्रणाली

(Grid System of Reference)

संकेत की ग्रिड प्रणाली (Grid-System) का अर्थ है कि ग्रिड उत्तर-दक्षिण की दिशा में कई समानान्तर रेखायें खींची जाँय तथा पूर्व-पश्चिम की दिशा में अन्य समानान्तर रेखायें खींची जाँय। इस प्रकार वर्गों का एक क्रम वन जाता है। ये रेखायें लघुमापक मानचित्र पर १०,००० मीटर या गज तथा वृहद मापक मानचित्र पर १००० मीटर या गज की नियत दूरी पर खींची जाती हैं और इस प्रकार बने वर्गों की भुजाएँ फिर १० वरावर भागों में बाँटी जाती है। इस प्रकार मानचित्र पर किसी विन्दु की स्थिति निश्चित करने के लिए दो अक्ष (Coordinates) मिल जाते हैं।

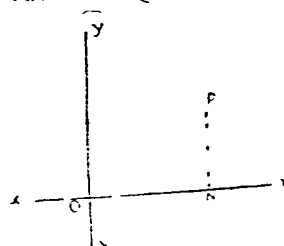
अत: ग्रिड प्रणाली मानचित्र के दक्षिणी-पश्चिमी कोने से किसी विन्दु की स्थिति निश्चित करने के लिये तथा संकेत के लिये एक आयताकार अक्षों (Coordinates) की एक प्रणाली है।

ग्रिड उत्तर (Grid North)

ग्रिड अक्षों (Co-ordinates) की दिशा ग्रिड उत्तर-दक्षिण होती है। ग्रिड उत्तर वह दिशा है जिसमे ग्रिड रेखायें मानचित्र के चोटी की ओर संकेत करती है। यह दिशा वास्तविक उत्तर दिशा (True Grid North) नहीं है। केवल मध्यान्ह रेखा के सहारे वास्तविक उत्तर (True north) तथा ग्रिड उत्तर (Grid North) सन्निपतित होते हैं। किन्तु अन्य स्थानों में वे सन्निपतित (Coinicide) नहीं होते क्योंकि ग्रिड रेखायें समानान्तर सीधी रेखायें हैं जो हमेशा मानचित्र की चोटी की ओर निर्देश करती हैं (अर्थात् एक काल्पनिक विन्दु, ग्रिड उत्तर) किन्तु मध्यान्ह-रेखायें उत्तरी ध्रुव पर जाकर मिल जाती हैं। वह रेखा जहाँ मध्यान्ह रेखा तथा ग्रिड रेखा सन्निपतित होती है 'प्रामाणिक मध्यान्ह-रेखा' (Standard meridian) कही जाती है। केवल इस 'प्रामाणिक मध्यान्ह-रेखा' के सहारे ही ग्रिड उत्तर; वास्तविक उत्तर है, अन्य स्थानों में नहीं। इस रेखा के पूर्व में ग्रिड उत्तर वास्तविक उत्तर के पूर्व में और इसके पश्चिम में ग्रिड उत्तर वास्तविक उत्तर के पश्चिम में है (पार्श्व का चित्र देखिये)। वास्तविक उत्तर तथा ग्रिड उत्तर के वीच का कोण 'संसरण कोण' (angle of convergence) कहा जाता है। 'प्रामाणिक मध्यान्ह-रेखा से जितना ही हम पूर्व या पश्चिम को वढ़ते जायेंगे 'संसरण का कोण' वढ़ता जायेगा।

चित्र २९६

संकेत बनाने की विधि (Method of making reference)

ग्रिड मानचित्र पर वर्ग मोटी रेखाओं से तथा उप-विभाग पतली रेखाओं से दिखाये जाते हैं। मोटी तथा पतली रेखाओं के मान को दिखाने के लिए कुछ निश्चित अंक लिखे रहते हैं। वर्ग अक्षरों से भी दिखाये जाते ह। यह अक्षर ग्रिड पर अक्षरों के आपतन मे दिया जाता है और वहाँ से सरलता से पाया जा सकता है।

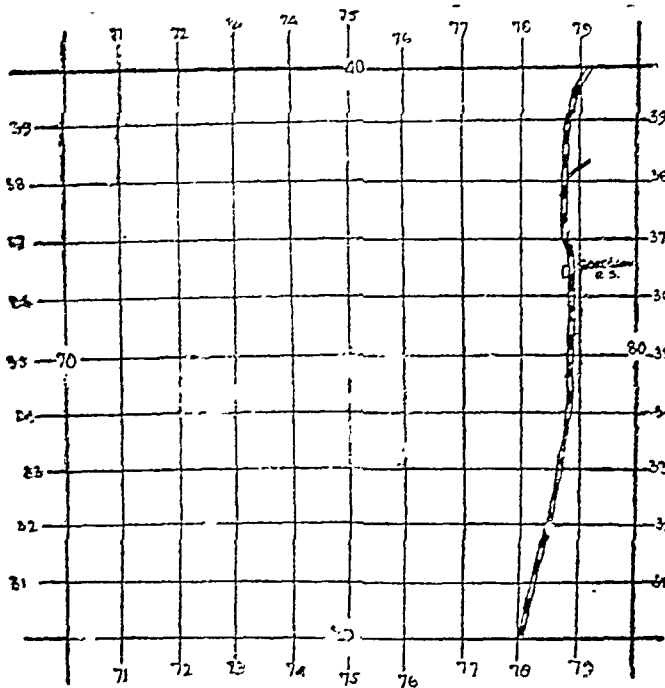
अक्षों (Co-ordinates) को ज्ञात करने के लिए यह सर्वदा स्मरण रखना चाहिए कि Easting (X—Co-ordinates) पहले आता है और Northing (Y—Co-ordinates) बाद में आता है।

चित्र २९७—Easting (n)

संकेत के नियम

(१) सीमाओं पर के छोटी संख्याओं को जो मूल विन्दु से पूर्ण Co-ordinate देते हैं, उन्हें सर्वदा छोड़ दीजिये जैसे २१,८०,००० । यहाँ रेखांकित संख्याओं को छोड़ देना है और हम लोगों का सम्बन्ध केवल ८० से है।

(२) सर्वदा बड़े सीमा अंकों का प्रयोग कीजिये या उन अंकों का जो मानचित्र के सम्मुख भाग पर छपे हों।

उदाहरण

मान लीजिये कि हमें संलिप्ट चित्र में गुरगांव स्टेशन का संकेत देना है। Easting के लिए गुरगांव स्टेशन के पश्चिम में एक रेखा लीजिये और उत्तरी तथा दक्षिणी सीमा में अथवा स्वयं रेखा पर लिखे अंकों को

चित्र ०१८

पढ़िये, मानचित्र के पृष्ठ पर संख्या है ७८

पूर्व की ओर अनुमाति दशम्		८
पूर्व	७८	८

Northing के लिए गुरगांव स्टेशन के दक्षिण में एक रेखा लीजिए और पूर्वी तथा पश्चिमी सीमा में या स्वयं रेखा पर लिखे अंकों को पढ़िये, मानचित्र के पृष्ठ पर संख्या है । ३६

उत्तर की ओर अनुमानित दशम भाग		५
उत्तर	३६	५

∴ पूर्ण संकेत है ७८ ८ ३६ ५

परिशिष्ट : स

प्रारम्भिक त्रिकोणमिति

समकोण त्रिभुज की तीनों भुजाओं में सर्वदा एक निश्चित अनुपात होता है। यह अनुपात ज्यामितिक रूप से इस प्रकार होता है :—

कर्ण^2 = अन्य दो भुजाओं के वर्गों का योग

अथवा $AB^2 = BC^2 + CA^2$

यह अनुपात केवल भुजाओं की लम्बाई पर आधारित है। इन अनुपातों में त्रिभुज के कोणों का उपयोग नहीं है। किन्तु, हम अन्य अनुपात भी निकाल सकते हैं जिनमें समकोण त्रिभुज के कोणों का उल्लेख रहता है।

$\angle B$ लीजिए। समकोण त्रिभुज के सम्मुख की भुजा कर्ण कही जाती है। चुने हुए कोण के सम्मुख की भुजा लम्ब तथा तीसरी भुजा आधार कही जाती है।

इस प्रकार चुने हुए $\angle B$ के सन्दर्भ में, AC भुजा लम्ब, BC भुजा आधार तथा BA भुजा कर्ण है : $\angle B$ के सन्दर्भ में लम्ब, आधार तथा कर्ण के अनुपात निश्चित किये जा सकते हैं।

इस प्रकार $\dfrac{\text{लम्ब}}{\text{कर्ण}} = \dfrac{AC}{AB}$ = ज्या B (Sin of B or Sin B)

$\dfrac{\text{आधार}}{\text{कर्ण}} = \dfrac{BC}{AB}$ = कोज्या B (Cosine of B or Cos B)

$\dfrac{\text{लम्ब}}{\text{आधार}} = \dfrac{AC}{BC}$ = स्पर्शज्या B (Tangent of B or tan B)

$\dfrac{\text{कर्ण}}{\text{लम्ब}} = \dfrac{AB}{AC}$ = व्युज्या B (Cosecant of B or cosec B)

$\dfrac{\text{कर्ण}}{\text{अधार}} = \dfrac{AB}{BC}$ = कोटिज्या B (Secant of B or sec B)

$\dfrac{\text{आधार}}{\text{लम्ब}} = \dfrac{BC}{AC}$ = कोस्पर्शज्या B (Cotangent of B or cot B)

एक कोण के लिए इन अनुपातों के मान हमेशा निश्चित रहते हैं, किन्तु जब कोण का मान बदलता है तो इन त्रिकोणमितिक अनुपातों के मान में भी परिवर्तन हो जाता है। १° से ९०° तक के कोणों के लिये इन मानों की गणना की गई है। यह भी ध्यान देने की बात है कि ऊपर दिए हुए अनुपातों में ऊपर के तीन अनुपात नीचे के तीन अनुपातों के विपरीत है अत :—

$$व्युजा\ B = \frac{१}{ज्या\ B}$$

$$कोटिज्या\ B = \frac{१}{कोज्या\ B}$$

$$कोस्पर्शज्या B = \frac{१}{स्पर्शज्या\ B}$$

सूत्र रूप में निम्न अनुपातों को भी स्मरण रखना चाहिये :—

ज्या B = कोज्या (९० – B) तथा इसके विपरीत

स्पर्शज्या B = कोस्पर्शज्या (९० – B) तथा इसके विपरीत

कोटिज्या B = व्यूजा (९० – B) तथा इसके विपरीत

$ज्या^2\ B + कोज्या^2\ B = १$

$कोटिज्या^2 B = १ + स्पर्शज्या^2\ B$

$व्युजा^2\ B = १ + को\ स्पर्शज्या^2\ B$

ज्या २ B = २ ज्या B कोज्या B

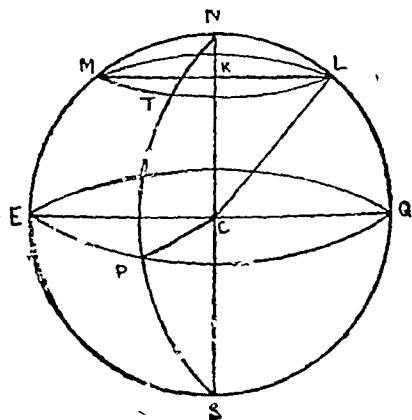
$कोज्या\ २\ B = कोज्य^2\ B - ज्या^2\ B = १ - २\ ज्या^8\ B$

$= २\ कोज्या^3\ B - १$

$$स्पर्शज्या\ १\ B = \frac{२\ स्पर्शज्या\ B}{१ - \,पर्शज्या^2\ B}$$

ज्या – १*a* का अर्थ होता है वह कोण जिसका ज्या *a* है; अतः यदि ज्या B = *a* तो ज्या[1] *a* = B

समानान्तर और मध्याह्न रेखाएँ

दिए हुए चित्र में EQ पृथ्वी के ग्लोब का विश्वत् रेखीय व्यास है; C केन्द्र है; NPS मध्यान्ह रेखा है; LTM सामानान्तर रेखा है, तथा ∠ECP मध्यान्ह रेखा NES के सन्दर्भ से विषवत रेखीय समतल में कोणात्मक नाप हैं। यह अक्षांश कहा जाता है। मध्यान्ह रेखा NPS का उसके प्रत्येक विन्दु पर एक ही अक्षांश है और इस प्रकार वह P विन्दु का विन्दु-पथ (Locus) है। विषवत रेखीय समतल EPQ के सन्दर्भ से ∠LCQ, विन्दु L का कोण है। विषवत रेखीय समतल के उत्तर तथा दक्षिण में यह कोणात्मक नाप L का अक्षांश कहा जाता है। समानान्तर LTM के प्रत्येक विन्दु वही अक्षांश है जो L का है। इस प्रकार अक्षांश के समानान्तर का कोणात्मक नाप विष्वत रेखा के उत्तर या दक्षिण प्रत्येक विन्दु पर एक ही होता है।

चित्र २९९

अब, R त्रिज्या वाले ग्लोब के विष्वत् रेखीय परिधि EPQ की लम्बाई = २ π R

NPS की लम्बाई या मध्यान्ह रेखा = π R

सामानातर LTM की लम्बाई $= २ \pi (LK)$

KL का मान निकालने के लिए समकोण $\triangle KLC$ मे

$$\angle KCL = \angle LCQ$$

$$\angle KLC = \text{अक्षांश}$$

फिर $\frac{KL}{CL} =$ कोज्या $KLC =$ कोज्या (अक्षांश)

अथवा $\frac{KL}{R} =$ कोज्या (अक्षांश) $\therefore KL = R$ कोज्या (अक्षांश)

$\therefore$ समानान्तर LTM की लम्बाई $= २ \pi \{ R$ कोज्या (अक्षांश)$\}$

गोलार्ध ENP का क्षेत्रफल $= २ \pi R^2$

कटिबन्ध MEQL का क्षेत्रफल $= २ \pi R^2$ कोज्या (अक्षांश)

$\therefore$ टोपी NML का क्षेत्रफल $= २ \pi R^2 - २ \pi R^2$ कोज्या (अक्षांश)

$= २ \pi R^2 \{ १ -$ कोज्या (अक्षांश)$\}$

परिशिष्ट : द

क्षेत्रफल तथा उपयुक्त प्रक्षेप

भूखण्ड	उद्देश्य	उपयुक्त प्रक्षेप
एक पत्रक में विश्व	उष्णकटिबंधीय क्षेत्रों में वितरण	वेलनाकार शुद्ध क्षेत्र प्रक्षेप
	निम्न, मध्य तथा उच्च अक्षांसों में वितरण	मॉलवीड साइन्यूसायडल मॉलवीड का खींचना ठीक होता है लेकिन यह अधिक शुद्ध आकार प्रस्तुत करता है विछिन्न मॉलवीड तथा विछिन्न साइन्यूसायडल सर्वश्रेष्ठ होते है लेकिन इनका खींचना बहुत कठिन है।
	वायु मार्ग तथा जल मार्ग के लिए वायु तथा सामुद्रिक जलधाराओं के लिए	मर्केटर प्रक्षेप।
गोलार्द्धों में विश्व		मॉलवीड का मध्यवर्ती वृत्त, शीर्षच्छेदीय शुद्ध क्षेत्र प्रक्षेप, शीर्षच्छेदीय समदूरी, खमध्य समरूपी शीर्ष प्रक्षेप (विषुवत रेखीय तथा ध्रुवीय अवस्थायें)।
विषवत रेखा के दोनों ओर के देश तथा महाद्वीप	क्षेत्रफल का साम्य	साइन्यूसायडल, वेलनाकार शुद्ध क्षेत्र प्रक्षेप।
(अमेरिका उत्तरी, अफ्रीका)	शुद्ध आकार	मर्केटर प्रक्षेप
विषवत रेखा के उत्तर अथवा दक्षिण के सम्पूर्ण भूखण्ड (एशिया, उ० अमेरिका)		शीर्षच्छेदीय शुद्ध प्रक्षेप, बोन प्रक्षेप, शीर्षच्छेदीय समदूरी बोन प्रक्षेप (किनारे अशुद्ध) बहुसंख्यक प्रक्षेप (आकार विकृति अधिक) दो प्रामाणिक अक्षांसों वाला शंकु प्रक्षेप गोलाकार प्रक्षेप
यूरोप		बोन प्रक्षेप, बहुशंकु प्रक्षेप दो प्रामाणिक अक्षांसों वाला शंकु प्रक्षेप
आस्ट्रेलिया		दो प्रामाणिक अक्षांसों वाला शंकु प्रक्षेप बोन प्रक्षेप
विशाल देशों के लिए		बहुशंकु प्रक्षेप शीर्षच्छेदीय शुद्ध क्षेत्र प्रक्षेप
रूस		दो प्रामाणिक अक्षांशों वाला शंकु प्रक्षेप
कनाडा		दो प्रामाणिक अक्षांशों वाला शंकु प्रक्षेप
चीन		बोन प्रक्षेप
संयुक्त राज्य अमेरिका		बहु शंकु प्रक्षेप
अर्जेन्टाइना		बोन प्रक्षेप

भूखण्ड	अभिप्राय	उपयुक्त प्रक्षेप
भारत		शंक्वाकार शुद्ध आकार प्रक्षेप, दो प्रामाणिक अक्षांशों वाला शंकु प्रक्षेप, बोन प्रक्षेप, बहुशंकु प्रक्षेप, बेलनाकार शुद्ध क्षेत्र प्रक्षेप
छोटे देश		एक या दो प्रामाणिक अक्षांशों वाला शंकु प्रक्षेप जो देश के आकार पर निर्भर करते हैं।
ध्रुवीय प्रदेश		शीर्षच्छेदीय प्रक्षेपों की ध्रुवीय अवस्थायें।

मैट्रिक-माप प्रणाली

लम्बाई

१० मिलीमीटर = १ सेन्टीमीटर
१० सेन्टीमीटर = १ डेसीमीटर
१० डेसीमीटर = १ मीटर
१० मीटर = १ डेकामीटर
१० डेकामीटर = १ हेक्टोमीटर
१० हेक्टोमीटर = १ किलोमीटर
१ सेन्टीमीटर = ०·३९४ इंच
१ मीटर = १·०४ गज
१ किलोमीटर = ०·६२१ मील

१ इंच = २·५४ से० मी०
१ फुट = ०·३०५ मीटर or ३०·५ से० मी०
१ गज = ९१·४ से० मी०
१ मील — १·६ किलोमीटर

क्षेत्रफल

१ वर्गमीटर = १०·७६ वर्ग फीट
१ वर्ग हेक्टोमीटर = २·४७ एकड़
१ वर्ग किलोमीटर = ०·३८६ वर्ग मील

तापमान

३२° फा० = ०° से०
४१° फा० = ५° से०
५०° फा० = १०° से०
६०° फा० = १५-५५° से०
७०° फा० = २१-११° से०
८०° फा० = २६-६६° से०
९०° फा० = ३२-२२° से०
१००° फा० = ३७-७७° से०

QUESTIONS

Problems on Maps

1. Discuss the concept of the modern map and examine its position as a tool of geography.
2. Give an account of the Greek contribution to cartography.
3. Discuss the major events that contributed to the Renaissance of Cartography.
4. Give an account of the contribution to cartography by Eonian Geographers. (*Agra 'Varsity, M.A.*, 1954).
5. Describe the contributions to cartography by Greek Geographers. (*Agra 'Varsity, M.A.*, 1953).
6. Write a brief essay on any one of the following :—
   (*a*) Renaissance of Maps
   (*b*) Cartography in the Middle Ages (*Agra 'Varsity, M.A.*, 1950).
7. Write an account of the contribution to cartography by either Greeks, or Romans, or Muslim cartographers. (*Agra 'Varsity, M.A.*, 1948).
8. Write a short essay on "Maps in the 20th Century."
9. Examine the influence of discoveries and explorations on the evolution of modern cartography.
10. Examine the position of Indian cartography in the 20th century.

Problems on Scales

1. Construct a scale of 100 ft. to an inch to read to 10 feet.
2. Draw a diagonal scale to read upto inches for R.F. 1/36.
3. Construct a scale of metres from a scale of inch to one mile.
   (Hint : Convert one inch to a mile into R.F. and then draw the required scale). (*Punjab*, 1944).
4. On a map of R.F 1/10,000 distance between two points is four inches. Draw a plain scale for the above R.F. and with its help find out the actual distance between those two points.
5. Draw comparative scales in miles and Russian versts for R.F. 1/258,440.
   (1 Russian verst 1166.6 English yards).
6. The distance between two points on a Swedish map is 5 inches and the actual distance on the ground 2,000 alners. Construct a plain scale for the above map and draw a comparative scale of feet.
   (1 alner=0.6493 yards).
7. A cavalry division crosses 200 yards per minute. Draw a time scale for the above unit to be attached to a map of R.F. 1/15,000.
8. Draw a time scale for a mail going 75 miles an hour to be attached to a map of R.F. 1/4,000,000.
9. Draw a time scale for man walking at the rate of 3 miles an hour along a road represented on a map of R.F. 1/253,440.
10. Construct a time scale for a cyclist going 10 miles an hour, the scales are to be attached to a map of R.F. 1/506,880.
11. Draw a diagonal scale for R.F. 1/12,000 to read upto 25 feet.
12. Draw a diagonal scale for R.F. 1/100 to read upto one centimetre.
13. Construct a diagonal scale for R.F. 1/15,840 to read upto 25 paces.
14. Draw a scale of metres for R.F. $\frac{1}{20,000}$
15. Draw a scale of miles for R.F. $\frac{1}{1,000,000}$
16. Construct a plain scale for R.F. $\frac{1}{50,000}$ (*U.P. Police Service*, 1947).
17. An old map has shrunk so that a distance which measured 1 inch formerly now measures .9 inch only. Two objects A and B on this map are 3.6 inches apart at present. Actual distance between A and B is 20 miles. Draw a plain scale to suit the original map.
18. The scale of an old map has torn away. A length of 1.9 inches on this old shrunken map represents an actual distance of 100 miles. It is known that formerly this map-distance was 2 inches. Draw the two plain scales for the original and the shrunken maps.
19. Find out the larger scales in the following sets :—
   (*a*) 1/50,000, 1/30,000.
   (*b*) 1/10,000, 1/100,000.
   (c) 1/4,000,000 1/3,000,000.
   (*d*) 1 inch to 6 miles, 1 inch to 10 miles.
20. Define a scale and give its importance and utility.

21. Reduce a map drawn on R.F. $\frac{1}{10,000}$ to a map of R.F. 1/15,000.

22. Enlarge a map drawn on the scale 1/4,000,000 to a map drawn on 1/3,000,000.

23. Maps of two neighbouring countries are available on the scale of 1:40,000 and 1/50,000. It is required to re-draw the frontier region on a scale of 4,000 ft. to 1 inch. If the squares on the new map are .5 inch in size, how big must they be on each of the other maps.

24. Maps of Punjab (I) and Punjab (P) are available on the scales of 1:3,000,000 and 1·4,000,000. They are to be combined on a scale of 1,2,000,000. If the sqaures on the combined map are .75inch long, find out the sides of sqaures on the separate maps.

25. Draw maps of Allahabad and Partabgrah districts of U.P. on the scales of 1,15,000 and 1.10,000. Combine them on a scale of 1:12,000.

26. Construct a scale of 4 miles to the inch to show half miles, and mile one of 6 inches to the mile to measure 1,000 yds.

27. (*a*) Draw a comparative scale in miles and kilometres when the R.F. = $\frac{1}{5,000,000}$

(*b*) Construct a diagonal scale in miles, furlongs and yards when the R.F $\frac{1}{50,000}$ (*B. A., Agra*, 1961)

28. A car, travelling at a speed of 45 miles per hour from Allahabad, reaches Phoolpur in 20 minutes. If the distance between Allahabad and Phoolpur on a map is $2\frac{1}{2}$ inches, ,find out the R F of the map. .Give a reasoned answer and construct a scale to show miles

29. What are the Representative Fractions of the Indian topographical sheets on scales one inch, half-inch and quarter-inch to the mile respectively? Give the statements of scale in cm to the km. to the above mentioned maps.

30. The scale of an old French map is given as 1,000 toises to 1 French inch Draw a scale of (*a*) yards, (*b*) metres for this map, given that a 1 toise=72 French inches.

31. Allahabad and Varanasi are at a distance of 80 miles On a shrunken map which measures .92 inch for one inch on the original map, the distance between the two places is 3.68 inches Draw a plain scale for the original map.

32. A boatman plies his craft up-stream and down-stream on the Ganga between Phaphamau Bridge and Fort at a speed of 3 miles per hour and $4\frac{1}{2}$ miles per hour respectively. Compare the two speeds on a map of R.F. 1/190,080.

33. You have three maps respectively on a scale of 1.50,000, 1·63,360, 1.80,000 to represent parts of a region for which a map on a common scale of 1:60,000 is to be made If sides of grid squares on the redrawn map are to be 1 inch, what are they on the other map? Give a reasoned answer

Draw scales for the new map to show miles and km respectively.

34. Draw a comparative scale to read miles and milometers for a map having its R F. 1/500,000.

Problems on Projections

1 "The problem of representing the whole globe on one sheet of paper is intractable" Discuss. (U.P.C.S).

2. "The Cylindrical and Zentithal Projections may be regarded as varieties of Conical projection." Elucidate

3. Draw graticules on Polyconic Projection for an area limited by 35°N and 65°N parallels of latitude and 45E-45° meridians of longitude. Scale 1/125,000,000 (*Caclutta Univ, M A and M Sc*, 1951), (*M.A. Prev /Alld.*, 1960).

4. Draw a gratitcule for the whole sphere on Mollweide's Projection at intervals of 10 degrees of latitude and longitude wtith the help of tables. Scale 1/62,500,000

or

Draw a graticule for an hemisphere on stereographic projection (Equatorial case) at intervals of 15° of latitude on a scale 1:200,000,000. (*M.A. Prev. Alld.*, 1960)

or

Draw a graticule on Mercator's projection on the scale of 1:100,000,000 in between 60° N and 60°S parallels of latitude and 160°W long. to 160° long. at intervals of 10E. (*Calcutta Univ., M.A. and M Sc*, 1945.)

5. What do you mean by orthomorphism? Draw a cylindrical orthomorphic projection for the whole world on the scale 1:25,000,000.

6. On which projection is direction shown correctly? Compare and contrast the suitability of the Mercator and the Gnomonic (polar) projections for navigation and aviation.

7. "A different scale is required for every parallel of latitude on the Mercator's net." Discuss. Draw a graphical scale for various parallels on the Mercator's projection on the scale of 1:31,680,000.

8. Construct a graticule for Bonne's Projection as a scale of 1:100 millions for a region between 10_7N Lat. and 50°N lat. and 60° E-long and 12°E.

9 Describe with a suitable sketch the method of construction of the ploycomic net Describe its properties and explain how you would derive the International Net from this (*I A S.* 1952)

10 Write short notes on —

Loxodrome, Great Circle, Standard Parallel, Development Surface, Constant of Cone

11 Describe the characteristics, see and construction of Cylindrical Equal-area Projection Draw a Cylindrical Equal-area net for India

12 Describe the superiority of the Two-Standard-Parallel-Conical Projections over the Simple Conic with one standard parallel

13 Draw a simple conical projection with Two Standard Parallels for Canada with reduced earth-radius 4 inches (scale 1 62,500,000)

14 Compare and contrast the Bonne's and Polyconic Projections with respect to their properties, uses and construction

15 Draw a Bonne's projection for India taking suitable measurements

16 Draw an International Map Projection for West U P

17 Draw a Zenithal Orthomorphic Projection for the Northern Hemisphere with North Pole as the centre Scale 1 200,000,000 and interval 15°

18 Compare and contrast the characteristics use and construction of the Mollweide and Sinusoidal Projections

19 What do you mean by interrupting' or recentring'? Interrupt the Mollwiede and the Sinusoidal for continents and oceans respectively

20 Compare the following Equal-area Projections Bonne, Sinusoidal Mollwiede, Cylindrical Equal-area, Zenithal Equal-area

21 Choose suitable projection to show the following —

(1) Distribution of rice in the world

(2) Distribution of wheat in the world

(3) Distribution of population in the world

(4) Distribution of rubber in the world

(5) Distribution of cotton in the world

22 Select and draw projections to show the following Give reasons of your choice

(*i*) Trans-Siberian Railway
(*ii*) U S Candian Boundary
(*iii*) Cape to Cairo Rail-route
(*iv*) Prevailing winds and Ocean currents of the Atlantic and Pacific Oceans
(*v*) Indo-Pakistani frontier
(*vi*) Candadian Pacific Railway
(*vii*) The Nile valley
(*viii*) The Mississippi Basin
(*ix*) Shipping Routes of the N Atlantic

23 Select and draw suitable projections for the following countries

(1) India
(2) Great Britain
(3) China
(4) Pakistan

24 Why might a Mercator Projection be fairly suitable for showing world distribution of rice or rubber, but not of wheat? Suggest, giving reasons, a better, projections for rice or rubber distribution

25 Select three projections useful for the plotting of air routes between Western Europe and Eastern Asia and discuss the suitability of each of them for the required purpose (*I A S* 1960).

26 Draw a simple Cylindrical Projection for a reduced earth, 5 73 inch radius, with meridans and parallels 10° apart from 40°S to 40°N 20°W to 60°E, then convert it into a Sinusoidal.

27 Draw Mercator's Projection for a reduced earth, 5 73 inch radius, with meridians and parallels 10° apart 0° tp 70°N , to 60°E Plot the course of a vessel which sails 500 miles at N 30°E from 60°N , 0°E

28 Draw a simple conical projection with one standard parallel (55°) on the scale 1/50,000, with meridians and parallels 5° apart from 40°N , to 7°N , and 10W to 30°E , then convert it into Bonne's Projection. Show the pole in each case

29 Draw Mollweide's Projection for a reduced earth, 1 inch radius, with meridians at 30° apart and parallels of 20°, 40°, 60°, and 80° lat

30 Comment on the following

(*a*) Orthomorphic projection show true shapes
(*b*) Mercator's projection shows true direction from place to place
(*c*) Zenithal projections show true bearings

31. State and explain the principles underlying the construction of the net for the International Map (1/M) and discuss the advantages and defects of this projection.

32. Explain why all straight lines on Mercator's Projection give true bearings. What is the relation between a Rhumb Line and a Great Circle?

33. Critise, or justify the rise of (*a*) a world map on Mercator's projection for comparing the areas occupied by intertropical forests and the temperate forests, (*b*) A world map on Mollweide's Projection showing currents and winds.

34. Draw the net of parallel and meridians at 10° intervals for a sinusoidal map of the region between 30°N and 30°S., and 60°W. and 120°W., assuming reduced earth of $2\frac{1}{2}$ inch radius. (*I.A.S.* 1954)

35. Draw a network for the Polyconic Projection on the R.F. 1/125 million with an interval of 15 between the parallels and the meridians for a region extending from 30° south latitude to 75° south latitude and from 115° east longtitude to 175° east longitude.

Or

Construct a graticule of the Polar Zenithal Stereographic Projection for the southern Hemisphere in the R.F. 1/200 million and with an interval of 15° between the parallels and the meridians.

36. Draw the net of the Polyconic Projection on the scale of R.F. 1/100 million and with the interval of 5 degrees between the parallels and also between the medidians for a region bounded by 50° N to 70° N latitude and 10° W to 20°E longitude.

Or

Draw graticules on the conical Projection with two standard parallels for an area bounded by 30°S and 70°S parallels of latitude and 20°W to 40° E meridians of longitude on the scale of 1/40 million and with the interval of 10°.

37. Draw graticules on Sinusoidal projection for the region lying between 60°N and 70°S with central meridians 30°E sougth of the equator and 10°W north of equator and between 40° W and 60°E, when the R.F. is 1/200,000,000.

Problems on Representing Relief

(1) Draw Contours in the figure No. 300A.

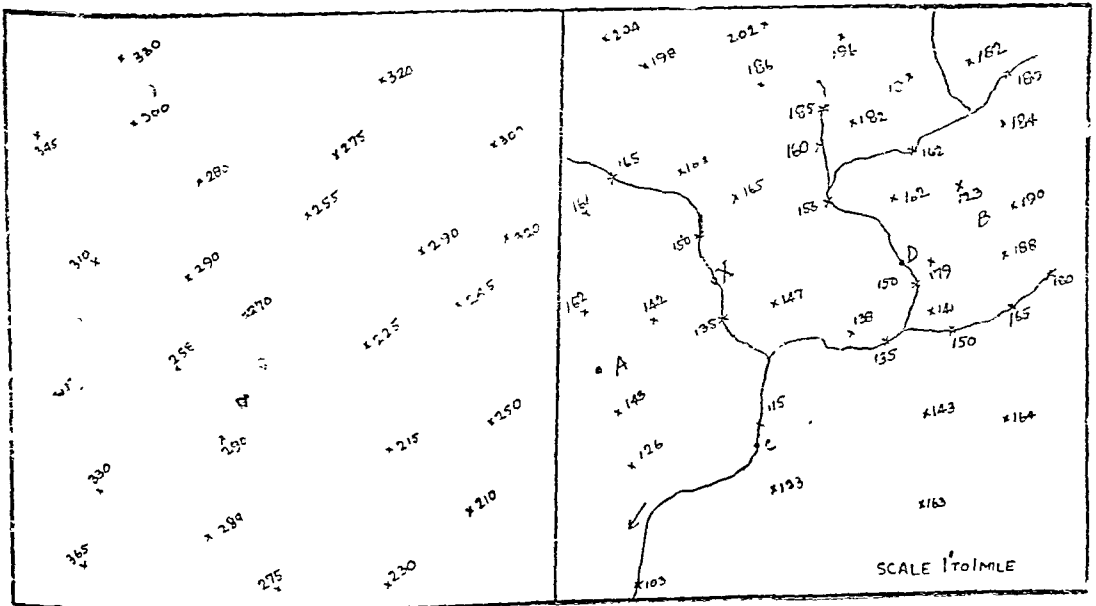



Fig. 300A. Fig. 300B.

Hint : First decide upon a contour interval. Since the height varies from 230 ft. to 365 ft. an interval of 20 ft. is quite suitable. While drawing contours keep the spot-height slightly more than the value of the contour and to one side, and all elevations lower than that contour to the other side.

(2) In figure No. 300B spot elevations are given. Courses of rivers are also marked. If the contour-interval is 20 ft., mark the controus.

(3) (*a*) In fig. 300B, draw section along AB.

(*b*) Find out gradient of the main river between C and D.

(*c*) Mark the waterfall along a tributary of the main river.

(*d*) Find out the nature of the valley slope at X.

(4) Draw a contour map of mature plain showing flood plain, river terrace and young tributary valleys.

(5) Show by means of contours two hills joined by a ridge.

(6) Show by means of contours an irregular hill with ravines on the west and a concaveslope towards the east.

(7) Draw a contour map of an imaginary island 8 miles by 5 miles on the scale of 1 inch to 2 inch. Show on this island two hills separated by valley of convex slopes. Heights of the hills 1,000 ft., and 800 ft. contour interval 100 ft.

(8) In fig. 301A.

(*a*) Mark the courses of four rivers.

(*b*) Point out the mistake in numbering of contours and mark the cliff.

(*c*) Mark the pass.

(*d*) Find out the type of slope in the river valley widening to the north.

(*e*) Draw a section AB and find out whether A is visible from B.

(9) In fig. 301B.

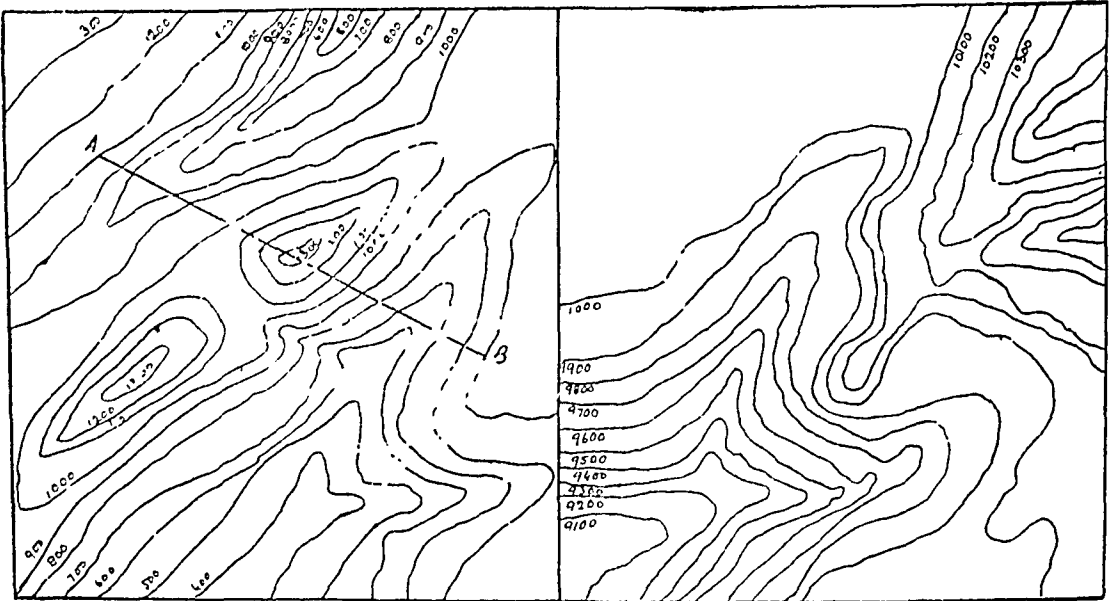



Fig. 301A. Fig. 301B.

(*a*) Examine the types of valleys.
(*b*) Find out whether the valley slope is concave or convex.
(*c*) Correct the numbering of contours.
(*d*) Mark a long spur.

(10) In fig. 301, the scale of drawing is 1 inch to 1 mile.

(*a*) Insert the five probable rivers.
(*b*) Mark probable motor roads between X and Y.
(*c*) Determine intervisibility between A and B.
(*d*) Find out if P is visible from Q.
(*e*) Find out if Z is visible from Y.
(*f*) Mark probable motor road between PQ.

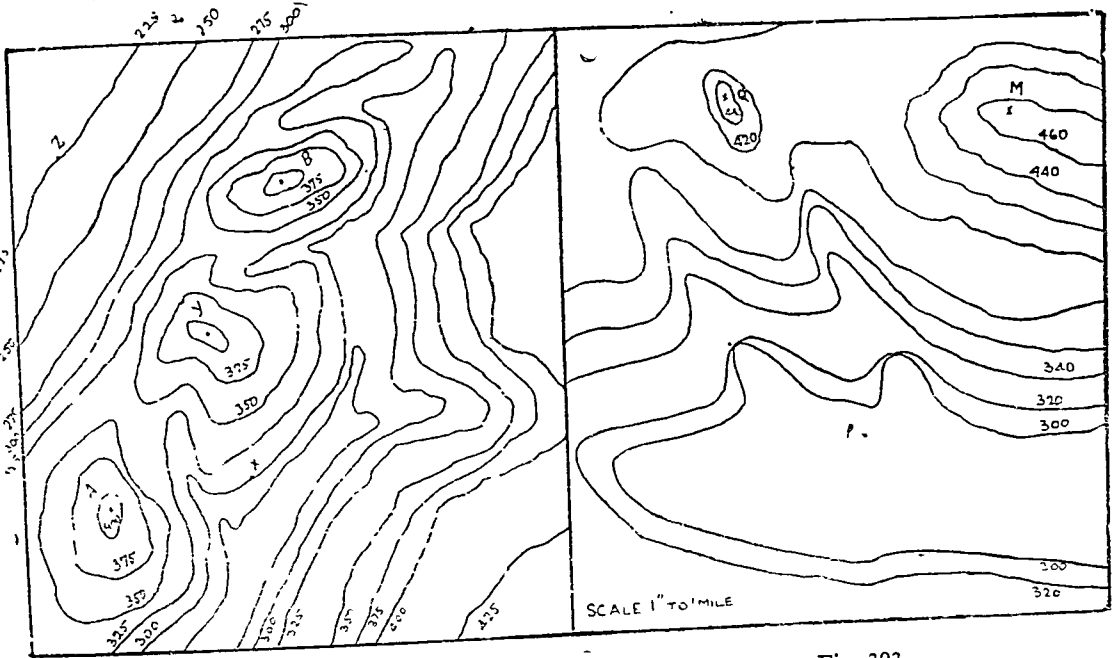



Fig. 302.

Fig. 303.

(11) In fig. 303.

(*a*) Mark probable motor road from P to Q.

(*b*) Examine intervisibility between Q and M.

(*c*) Mark the three probable rivers.

(*d*) Mark waterfalls.

(*e*) Mark a rapid.

(12) Show by means of contours the following:
U-shaped valley, V-shaped valley, Conical hill, Pass in high mountain ranges, a Ridge with steep slopes. (*Aligarh University, Inter.*, 1939).

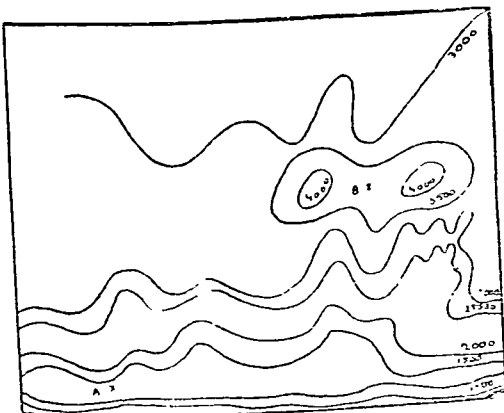



Fig. 304.

(13) Draw an imaginary contour map of a mountain region. (*U.P. Board, Inter*, 1949).

(14) Draw an imaginary contour map of gently sloping area having three rivers kowing towards the south with their tributaries. (*U.P. Board, Inter*, 1950).

(15) In the attached side controur map marks.:

(*i*) The probable course of the biggest river.

(*ii*) The site of a rapid.

(*iii*) A pass.

(*iv*) The probable layout of a motor road between A & B. (*U.P. Board*, 1952).

(16) There are three points, A, B & C along a hilly road at 11th, 15th and 17th milestone, their respective heights being 4000', 5000' and 6000'. Show if A and C are intervisible. (*B.A., Agra*, 1961).

Fig. 305.

(17) (*a*) Describe fully the topography shown in the side diagram.

(*b*) Are A and B intervisible? Illustrate fully.

(*c*) Show the probable route that a motorable between A and B will take.

(*d*) Show the probable sites for constructing dams for road developing hydro-electricity. (*U.P. Police Service*, 1949).

(18) A river has incised its course to the extent of 200 fit. The number of tributaries to the main incised valley is four. In general, surface is a dissected plateau ranging in elevation from 1400 ft. to 1500 ft. Contour interval is 25 ft. Draw a contour map of this area.

19. On the given map below.

(*a*) Insert the main river with its tributaries.
(*b*) Write about the visibility of A from B.
(*c*) Draw a section from X to Y.
(*d*) Connect P and Q by a road running below 2000 ft. (*B.A., Alld. University*, 1952.)

(20) Draw a block-diagram of the size 6" 4" of glaciated lowland, showing the outwash-plain, terminal morines and lines of eskers. (*M.A. Prev. Alld.*, 1960).

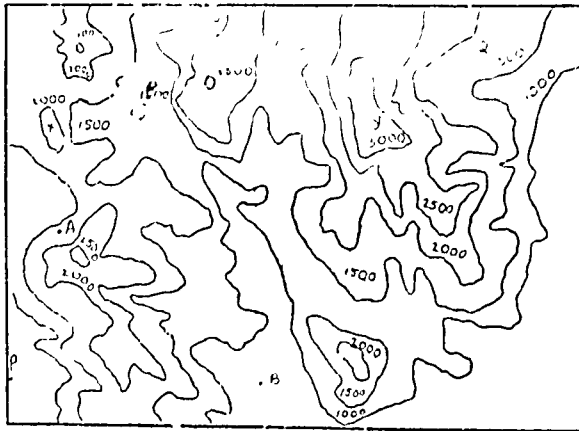



Fig. 306.

(21) Show by contours any three of the following:
River Meander, V-shaped valley, Cliff, Spur, Conical Hill, Volcanic cone, Ria Coast. (*B.A., Agra*, 1961)

(22) A rectangular area with its longer side east and west measures 18 milesby 7 miles. A mile south of the northern edge lies the crest of a mountain ridge of which the peaks reach between 800 an. 900 feet A spur is thrown by about seven miles from the eastern end of the range and descends irregularly to the south, alling to 300 ft. at the southern end of the area. The floors of the valley east and west of this spur are as low as 200 ft. Make a contoured sketch map of the area on a scale of 1" to 2 miles. (*Punjab University, Sept.*, 1951).

(23) Draw contour systems showing a U-shaped valley, an escarpment, a pass, a ravine, a spur, a dissected plateu, a glaciated topography, a ria or fiord of coast.

(24) Show by contours the main types of landforms formed by glaciation. (*Alld., Varsity, M.A.*, 1957).

(25) Draw imaginary contours of an island showing:—
(*i*) Col, (*ii*) Spur, (*iii*) Re-entrant, (*iv*) Concave Slope, (*v*) Conical Hills. (*Agra, Varsity, M.A.*, 1951).

(26) Represent a dissected plateau by means of contour lines shown at an interval of 250ft. The pleateau must show the following relief features particularly: (*a*) Gorges, (*b*) Ridges, (*c*) Mesa and (*d*) Waterfalls. (*Agra 'Varsity, M.A.*, 1958).

(27) Explain and discuss merits of :
Block-diagrams, Climographs and Composite Profiles. (*I.A.S.*, 1955).

28. Draw a two-point perspective block diagram with 15° tilt of area indicated to you in the toposheet provided.

29. Construct a Block Diagram to show a well developed River Meander.

Or

Construct a Block Diagram to show a region of Glaciated Relief.

Problem on Surveying

1. What is triangulation. Discuss its importance and describe the procedure of triangulation.
2. What is a traverse? When is it used as a means of surveying?
3. Describe the procedure of base measurement in a triangulation.
4. Discuss the corrections to be made in the ordinary measured length of a base-line.
5. When is chain-surveying used? Describe the equipment required in chaining.
6. If a chain line has to cross a pond, how will you get its correct length?
7. What do you understand by setting and orienting a map?
8. What are the uses of plane-table-surveying? Describe the superiority of this method of surveying over odrers.
9. What do you mean by graphic triangulation? Describe its procedure in the field.
10. What is the advantage of a telescopic alidade?
11. What are the merits and demerits of surveying with compass (prismatic) and chain?
12. Describe Bowditch's method of closing error in a compass-survey.
13. Give a critical account of the construction and use of the following instruments:—
    (*a*) Abney-Level.
    (*b*) Indian clinometer.
    (*c*) Prismatic compass. (*B.A., Hons.. London Univ.*, 1936).
14. What do you mean by Resection? Describe the various methods of Resection in a plane-table survey.
15. "Of all instruments for survey in the filed, the plane table is the most useful to the geographer." (Discuss.) (*I.A.S.*, 1960).

16. Three triangulation stations are visible from each of the two points X and Y, which lie near the foot of a steep scarpface. The stations are already plotted on a plane table map. Show how you would fix the positions of X and Y by resection; and thence construct a rough contoured map of the scrap face the ground at its foot. (*B.A. Hons., London Univ.*, 1936).

17. The bearings and distances shown in the table below were obtained in a closed Compass Traverse. Find out the included angles and plot the survey through them to a scale of 200 ft. to an inch and show how you would adjust the closing error.

Line	Forward Bearing	Backward Bearing	Distance in feet
AB	351°	171°	320
BC	13°	193°	320
CD	109.5°	289.5°	440
DE	216.5°	36.5°	250
EF	150.5°	330.5°	260
FA	262°	82°	400

(*B.A., Alld., Univ.*, 1952).
M.A. (Final), Agra Univ., 1950 *and* 1952.

18. The results obtained in a small closed traverse are in the following table. Find the correct bearings for plotting and plot the survey to a scale of 100 ft. to one inch, correcting error if any:

Line	F.B.	B.B.	Distance in feet
AB	105°	284°	460
BC	182°	2°	140
CD	268°	90°	440
DE	338°	155°	180
EA	32°		190

(*M.A. (Prev), Alld.* 1959).

19. The bearings and lengths in the following table were obtained in a small closed traverse. Find the corrected bearings and plot the survey to a scale of 200 ft. to 1 inch.

Line	Forward Bearing	Backward Bearing	Length in feet
AB	90.4°	270.2°	1315
BC	17.6°	195.8°	93
CD	289.5°	110.8°	1033
DE	213.1°	32.4°	328
EA .. M ..	225.8°	46.7°	293

M.A. Prev., Alld. Univ., 1951 *and* 1961
(*U.P.C.S.*, 1946).

20. Plot the following field-books, taking a suitable scale for each. Close the error, if any.

Offset		Chain
		A
		420 ft.
		318d
		E
		420 ft.
		250 d
		D
		546 ft.
		168d
		C
		405 ft.
		200
		106d
		B
		615 ft.
	20	495
Hedge	25	250
	15	225
	20	210
		200
		120
		18d
		A

Left	Chain	Right
	A	
	250	
	N 55°W	
	F	
300d	304	
Temple	S 50° W	
S 80°E Bridge	E	
220d	370	
Temple S 15°E, Bridge	150	
	S 5°W	
15 Tree N 42° W.P.S.	D	
	310	
N 30° E	255	
Police Station	85	
	N 85° E	
160d	C	
Tower	300	
N 45° W. Hill	200	S 70° E, School
N o° W. Hill	65	
52d	50	N 65° E, School
Tower	N 40° E	
	B	
	250	
S 40° W. Cottage	200	
S 70° W. Cottage	150	S 70° E peak
	100	
	60	
	N 20° E	N 2° E peak
	A	

21. Plot the following traverse on the scale of 200 ft. to 1 inch, closing error, if any :—

Length in feet	Line	F.B.	Station	Bearing to and description of objects located during the traverse
295	AB	N 62°	A	N 18° W Temple S 62° W Bridge
295	B	S 53°	B	N 52° W Temple N 78° W Hut
240	CD	S 24° E	C	N 07° W Hut S 53° W Fall
225	DE	S 80° E	D	N 80° W Fall
370	EA	N 22° E	E	N 10° W Bridge

22. Correct the following bearings and then plot the survey on a suitable scale. Close the error, if any.

Line	F.B.	B.B.	Length in feet.
AB	N 52° E	S 52° W	300
BC	S 33° E	N 30° W	330
CD	S 24° W	N 25° E	380
DE	N 85' W	S 80° E	280
EF	N 39° W	S 42° E	200
FA	N 10° E	S 10° W	385

23. Correct the bearings given in the table below. Then plot the survey on the scale of 100 ft. to 1 cm. Close the error (if any) by Bowditch's method :—

Line	F.B.	B.B.	Length in feet.
AB	N 50° E	S 52° W	560
BC	S 58° E	N 56° W	680
CD	S 00° E	N 06° W	540
DE	S 87° W	N 89° E	920
EA	N 30° W	S 30° E	540

24. Correct the following bearings and then plot the survey on the scale of 200 ft. to 1 inch. Find out the included angles and draw another figure using those angles. Compare the two figures. Close the error, if any:—

Line	F.B.	B.B.	Length in feet.
AB	91°	270°	300
BC	192°	12°	380
CD	280°	90°	220
DE	337°	153°	250
EA	28°	211°	260

25. A surveyor walked from A (4th milestone) to D (11th milestone) along a road which had turnings at B (7th milestone) and C (9th milestone). He surveyed the road as well as took, observations of a hillock (H). His observations are noted below. Plot the survey to scale 1:63,360 and find out the height of the hillock and its shortest horizontal distance from the road.

Stations	Line	Bearing	Vertical Angle
A	AB	20°	
B	BC	110°	
	BH	170°	21°
C	CD	50°	
	CH	260°	

(*M.A. Prev.. Alld. 'Varsity*, 1957.).

26. The bearings and lengths in the table below were obtained in a closed traverse:

Line	F.B.	B.B.	Lengths
AB	63.5°	243.5°	22'
BC	135°	315°	14'
CD	45°	225°	14'
DE	116.5°	296.5°	22'
EF	205	25°	46'
FG	135°	315°	14'
GH	270°	90°'	39.5'
HI	45°	225°	14'
IA	335°	155°	46'

(*i*) Plot the above survey to a scale of 1" to 10" and calculate the included angles.

(*ii*) From A and B towards C at a distance of 20' and 10' respectively is situated is well; similarly from D and E towards C at distance of 10' and 20' respectively is situated another well. Find the distance between the two wells in feet. (*Agra 'Varsity, M.A.*, 1954).

27. The following measurements were made in connection with a closed traverse. Plot the traverse choosing your own scale:

Angles	Sides	Chains	W.C.B.	E	D
A 238° 40'	AB	24.93	210° 00'	..	
B 65° 30'	BC	37.56	45° 30'		A
C 82° 30'	CD	48.42	358° 00'	B	
D 91° 45'	DE	35.26	269° 45'	..	C
	EA	25.77	151° 20'		

Or

Correct the following bearings and plot the survey on a suitable scale. Close the error if any:

Line	F.B.	F.B.	Length in feet
AB	N50°E	S60°W	180
BC	N10°E	S10°W	210
CD	N45°W	S.41°E	200
DE	S50°W	N55°S	230
EA	S20°E	N19°W	190

Problems on Representation of Statistical Data

1. Compare the populations of the following Part A States by means of bars and circles :—

State	Population in 1951 Persons	Males	Females
1. Assam	9,129,442	4,869,878	4,259,564
2. Bihar	40,218,916	20,172,567	20,046,349
3. Bombay	53,943,559	18,631,883	17,311,676
4. Madhya Pradesh	21,327,898	10,688,811	10,639,087
5. Madras	56,952,332	28,413,661	28,538,671
6. Orissa	14,644,298	7,240,008	7,404,285
7. Punjab	12,638,611	6,780,770	5,857,841
8. Uttar Pradesh	63,254,118	33,142,457	30,111,661
9. West Bengal	24,786.683	13,319,941	11,446,742

2. Represent the following data by some suitable cartographic method :

Wheat : Area and Production (1906-61)

Country	Area (Million hectares)	Production (Million metric tons)
U.S.A.	21.0	36.9
Canada	7.2	13.3
France	4.3	11.0
Italy	4.6	6.3
Australia	5.5	7.5
Argentina	3.6	3.9
India	13.2	10.3
Pakistan	4.9	3.9
U.S.S.R.	60.4	63.9
China	26.7	39.8
Turkey	7.8	3.5
WORLD TOTAL	200.3	243.7

3. Represent the followings by means of sphere :

City	Population in 1951	City	Population in 1951
Delhi	13,84,211	Kanpur	7,05,383
Nagpur	4,49,099	Patna	2,83,479
Jamsehdpur	2,18,162	Gorakhpur	1,32,436

Or

Draw a Climograph for New Delhi with the help of the following :

Months of the year

	J	F	M	A	M	J	Ju	Au	S	O	N	D	Total
Average temperature (F°)	56.9	61.9	71.1	82.1	91.8	92.4	87.7	85.7	84.7	78.5	67.5	54.3	76.6
Rainfal (")	0.99	0.83	0.51	0.33	0.52	3.03	7.03	7.23	4.84	0.40	0.10	0.43	26.2

4. Represent the following by means of compound Bar Graph:

Irrigated Area by canals, wells and tanks in some of the Indian States, 1956-57.

States	Irrigated area in thousand Hectares by means of			
	Canals	Wells	Tanks	Total
U.P	1712	2165	408	4285
A.P.	1260	317	1166	2743
Madras	799	500	878	2177
Bihar	380	210	238	828

5. Show by a wheel diagram the following :—

Displaced Persons of Part States

Name of State	1951 Census Provisional totals of displaced persons.
1. Assam	276,824
2. Bihar	7,641
3. Bombay	341,081
4. Madhya Pradesh	120,886
5. Madras	9,926
6. Orissa	20,926
7. Punjab	2,468,491
8. Uttar Pradesh	475,822
9. West Bengal	2,117,896
TOTAL PART A STATES	5,910,493

6. The progress of Jute Industry is shown by the following table. Represent it by means of suitable diagrams :—

Year	Hessain	Sacking	Others	Total
	Production (in '000 tons)			
1946	463	581	41	1085
1947	418	510	34	962
1948	483	520	32	1035
1949	494	577	..	1071
1950	285	505	34	824

(Hint—Compound bars or bandgraphs may be used).

7. Show by means of graphs the following production figures.

Zinc (in tons of 2000 lbs.)

	1943	1944	1945	1946	1947	1948
U.S.A.	942,000	869,000	765,000	728,000	806,000	790,000
Germany	344,000	330,000	..	18,000	23,000	46,000
Canada	207,000	168,000	184,000	186,000	178,000	197,000
Belgium	31,000	9,000	4,000	89,000	147,000	169,000
Australia	86,000	88,000	94,000	85,000	78,000	92,000
U.K.	78,000	81,000	69,000	73,000	76,000	81,000

8. Represent by means of Block-pile system the yield of tobacco in 1949, given below :—

Area	Yields in '000 lbs.
Assam	390
Bihar	47,131
Bombay	88,852
Madhy Pradesh	924
Delhi	1,790
Punjab	6,052
Madras	273,858
Orissa	4,975
U.P.	77,131
Bilaspur	54

9. Represent by pictorial method the following data :—

Year	Cotton produced in '000 bales
1947	2600
1948	2188
1949	1767
1950	2165
1951	3100

(Hint—Bales of cotton may be drawn according to the presumed scale).

10. Below are given the figures of sugar production in India. Represent them by mean of pictorial method.

Year	Total of sugar (in tons)
1947	1,00,800
1948	1,183,800
1949	1,007,500
1950	1,154,400
1951	1,204,000

11. Convert the following data about the production of oilseeds in India into a suitable cartogram :—

Year	Sesanum	Groundnut	Rape of mustard	Linseed	Castor seed	Total oils
1946	..	..	..	..	..	5,013
1947	323	3,588	792	328	117	..
1948	351	3,411	806	431	118	..
1949	335	2,901	735	423	108	..
1950	431	3,379	793	411	128	..
1951	..	..	..	..	..	5,069

(*I.A.S.*, 1953).

12. Represent the following by a suitable cartographic method .

State	Total area Irrigated acres
Ajmer-Merwara	128,882
Assam	1,123,810
West Bengal	1,894,573
Bihar	5,478,799
Bombay	1,407,914
Madhya Pradesh	1,653,525
Coorg	5,601
Delhi	51,311
Madras	11,813,162
Orissa	1,700,002
Punjab	5,219,719
Uttar Pradesh	12,394,587

13. Represent the following data by any suitable cartographic method, giving reasons for selecting the method.

	Population in lakhs	
Year	Rural	Urban
1901	2205	150
1911	2290	200
1921	2199	282
1931	2420	334
1941	2710	438
1951	2950	619

(*M.A. Prev., Alld.* 1959.

14. Represent the following by dot method :—

	Area in '000 acres	
State	Sugarcane	Cotton
Ajmer-Merwara	..	11
Assam	55	30
West Bengal	61	..
Bihar	398	40
Bombay	125	1337
Madhya Pradesh	42	2967
Madras	203	1566
Orissa	31	9
Punjab	342	365
Uttar Pradesh	2050	168

15. Represent the population of the following towns by means of spheres and circles :—

Town	Population 1951
Calcutta with Howrah	2,992,997
Bombay	2,840,011
Madras	1,429,985
Hyderabad with Secunderabad	1,085,074
Delhi	1,743,892
Ahmedabad	788,310

(*M.A., Prev., Alld.,* 1956).

16. Prepare a population map of Uttar Pradesh with the help of the following data :—

Towns	Population (Provisional Pop. 1951).	Round Figures
Kanpur	7,04,536	7,05,000
Lucknow	4,97,594	4,98,000
Agra	3,75,994	3,76,000
Banaras	3,57,175	3,57,000
Allahabad	3,33,362	3,33,000
Meerut	2,40,860	2,41,000
Bareilly	2,08,628	2,09,000
Moradabad	1,63,767	1,64,000
Saharanpur	1,48,116	1,48,000
Dhera Dun	1,44,700	1,45,000
Aligarh (Koil)	1,37,224	1,37,000
Rampur	1,34,427	1,34,000
Gorakhpur	1,32,737	1,33,000
Jhansi	1,27,682	1,28,000
Mathura	1,05,805	1,06,000
Shahjahanpur	1,04,703	1,05,000

Distts.	Rural Population 1951	Round Figures
Dehra Dun	2,18,163	2,18,000
Saharanpur	12,05,272	12,06,000
Muzaffarnagar	12,22,962	12,23,000
Meerut	20,50,173	20,500,00
Bulandshahr	15,03,344	15,00,000
Aligarh	14,02,638	14,03,000
Mathura	8,06,632	8,07,000
Agra	11,26,263	11,26,000
Mainpuri	9,95,272	9,95,000
Etah	11,24,953	11,25,000
Bareilly	10,62,186	10,62,000
Bijnor	9,584,976	9,85,000
Badaun	15,21,027	12,51,000
Moradabad	14,91,227	14.99,000
Shahjahanpur	9,00,103	9,00,000
Pilibhit	5,04,055	5,04,000
Rampur	4,10,153	4,10000'
Farrukhabad	10,91,743	10,92,000
Etawah	9,72,759	9,73,000
Kanpur	12,35,793	12,36,000
Fatehpur	9,10,817	9,11,000
Allahabad	17,15,523	17,16.000
Jhansi	7,52,441	7,52,000
Jaluan	5,56,577	5,57,000
Hamirpur	6,36,517	6,67,000
Banda	7,00,014	7,00,000
Banaras	16,26,103	16,26,000
Mirzapur	10,19,550	10,20,000
Jaunpur	15,16,689	15,17,000
Ghazipur	11,48,704	11,49,000
Ballia	11,96,210	11,96,000
Gorakhpur	21,04,572	21,05,000
Deoria	21,04,226	21,04,000
Basti	23,90,440	23,90,000
Azamgarh	21,03,308	21,03,000
Nainital	3,35,871	3,36,000
Almora	7,71,927	7,72,000
Garhwal	6,37,755	6,38,000
Tehri Garhwal	4,10,943	4,11,000
Lucknow	6,32,277	6,32,000
Unnao	10,68,406	10.68,000
Rae-Bareli	11,58,759	11,59,000
Sitapur	13,81,568	13,82,000
Hardoi	13,61,589	13,62,000
Kheri	10,62,385	10,62,000
Faizabad	14,83,212	14,83,000
Gonda	18,81,903	18,82,000
Bahraich	13,47,852	13,48,000
Sultanpur	12,83,074	12,83,000
Pratapgarh	11,10,472	11,11,000
Barabanki	12,65,201	12,65,000

17. The number of goods vehicles of various railways before are given below. Represent them by a suitable method.

Railway	No. of goods vehicles
B.N.R.	27,587
B.B. & C.I.R.	21,223
E.I.R.	65,968
G.I.P.R.	21,845
M. & S.M.	1,884
O.T.R.	13,319
E.P.R.	12,791
S.I.R.	19,864

(*I.A.S.*, 1947).

18. Describe the various kinds cartograms which are used by geograhers to compare quantities and represent statistical data. (*I.A.S.*, 1950).

19. What are the different ways of depicting the distribution of population Explain with reasons which in your opinion is the best.

20. Show cartographically various methods for representing population data both rural and urban.
(*Alld. 'Varsity, M.A.*, 1957).

21. Briefly compare Sten De Geer's and Stilgenbauer's methods of showing population density. Draw a sphere to show the population of Kanpur city with a population of 7.92 lakhs when one dot represents 1,000 persons of rural population.
(*Agra 'Varsity*, 1955).

22. Represent by means of spheres the yield of tobacco in 1953 given below:

State	Yield in ('000) lbs·
Madras	273,853
Bombay	88,852
U.P.	77,131
Orissa	4,975
Bihar	47,131
Punjab	6,052
Delhi	1,790

23. Draw a map of India and show on it the trade of the following :

	1957-58 (lakh tons)	
	Imports	Fxports
Calcutta	55.16	46.40
Bombay	78.00	33.00
Madras	20 03	6.73
Cochin	14.04	3.92
Vishakhapatnam	11.46	13.47

24. Comment on any four of the following :
(*i*) Cartograms (*ii*) Pie Diagrams (*iii*) Isopleths (*iv*) Sten-de-Geer's Method, (*v*) Climographs. (*vi*) Dot Method.
(*Agra 'Varsity, M.A.*, 1948).

25. Represent the following data by spheres drawn on a scale selected by you which must be mentioned :

Districts	Population
Allahabad	22,000,000
Kanpur	18,000,000
Meerut	21,000,000
Gorakhpur	23,000,000
Deoria	24,000,000

(*Agra 'Varsity,M.A.*, 1951).

26. What are the different types of statistical maps ? Examine the relative merits and demerits of their diagrammatic representation.

27. How would you prepare cartographical maps for the following and what would be the sources of collection of Data ?
(*a*) The relation of area sown more than once to the net area.
(*b*) The relation of irrigated area to the total cropped area.
(*c*) The percentage of rural to total population.
Illustrate your answer with the help of the examples.
(*I.A.S.*, 1953).

28. Explain the construction and uses of any three of the following :—
(*a*) Population pyramids (*b*) Choropleths (*c*) Hypsometric curves and (*d*) Flowline Maps.
(*I.A.S.*, 1960).

29. Explain and discuss the merits of :—
Block-Diagrams, Climographs and Composite Profiles.
(*I.A.S.*, 1955).

30. What data would you collect for the construction of the population maps of a small area, say your own district, and how would you present your material cartographically ?
(*I.A.S.*, 1954).

Problems on Representation of Weather Elements

1. Draw climograps of the following Stations.

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Srinagar	Wet-bulb Temperature	33.3	36.3	42.2	50.2	59.2	65.7	68.9	67.9	62.4	54	45.4	38.5
	Relative Humidity	78	73	65	57	43	42	52	51	38	51	44	48
Agra	Web-bulb Temperature	55.8	57.8	59.3	62.5	69	76.4	79	78	69	60	60	56
	Relative Humidity	30	34	22	9	9	40	60	54	63	28	20	27

Bombay	Wet-bulb Temperature	69	71	72	76	78	80	78	78	77	77	72	78
	Relative Humidity	54	59	59	64	63	73	84	80	79	67	50	47
London	Wet-bulb Temperature	36	37	39	45	49	57	59	58	53	50	43	40
	Relative Humidity	77	76	80	75	69	69	68	74	79	82	88	87
Sydney	Wet-bulb Temperature	65	65	64	61	55	51	50	55	55	57	61	64
	Relative Humidity	70	73	75	77	78	77	76	74	69	67	66	67

2. Draw Hythergraphs of the following stations and compare their climates.

Stations	Alt. ft.	J	F	M	A	M	J	J	A	O	S	N	D	
Honolulu	38	71	71	71	73	75	77	78	78	78	77	75	72	Temperature
		3.7	4.3	3.8	2.3	1.9	1.1	1.3	1.5	1.5	1.9	4.2	4.1	Rainfall
Asuncion	383	81	80	78	72	67	63	64	66	70	73	76	80	Temperature
		5.5	5.1	1.3	5.2	4.6	2.7	2.2	1.6	3.1	5.5	5.9	6.2	Rainfall
Delhi	718	58	62	74	86	92	92	86	85	84	78	67	60	Temperature
		1.0	.6	.5	.4	.7	2.9	7.6	7.0	4.7	.5	.1	.4	Rainfall
Kodaikanal	7.688	55	56	59	61	62	59	58	58	58	57	55	55	Temperature
		2.9	1.4	2.0	4.3	6.0	4.1	5.0	7.0	7.3	9.7	8.2	4.4	Rainfall
Bahia Blanca	82	74	72	67	60	53	47	47	51	54	59	66	71	Temperature
		2.0	2.2	2.6	2.2	1.4	.9	1.0	1.0	1.6	2.3	2.0	2.1	Rainfall
Chicago	823	26	27	37	47	58	68	74	73	66	55	42	30	Temperature
		2.1	2.1	2.6	2.9	3.6	3.3	3.4	3.0	3.1	2 6	2.4	2.1	Rainfall
Valencia	30	44	44	43	48	52	57	59	59	57	52	48	46	Temperature
		5.5	5.2	4.5	3.7	3.2	3.2	3.8	4.8	4.1	5.6	5.6	6.6	Rainfall
Paris	405	37	39	43	49	56	62	65	64	58	50	43	38	Temperature
		1.5	1.4	1.6	1.7	1.9	2.1	2.2	2.1	1.9	2.3	1.9	2.0	Rainfall
Peking	131	24	29	41	57	68	76	79	77	68	55	39	27	Temperature
		.1	.2	.2	.6	1.4	.0	9.4	6.3	2.6	.6	.3	.1	Rainfall
Karachi	13	65	68	78	81	85	87	84	82	82	80	74	67	Temperature
		.5	.5	.4	.2	.1	.9	2.9	1.5	.5	..	.1	.1	Rainfall
Leh	11.503	17	19	31	43	50	58	63	61	54	43	32	22	Temperature
		.4	.3	.3	.2	.2	.2	.5	.5	.3	.2	.	.2	Rainfall
Sydney	146	71.6	71.0	69.2	64.5	58.6	54.5	52.3	54.8	58.8	63.4	67.0	70.0	Temperatur
		3.7	4.2	4.8	5.6	5.1	4.8	4.8	3.0	2.9	3.2	2.8	2.9	Rainfall

3. Draw temperature and rainfall graphs for the stations given in que stions No. 2 above.

4. Draw the probable weather chart for the following report:

The axis of monsoon trough lies at sea level very close to the foot of the Himalayas, the feeble cyclonic circulation over west Rajasthan and the neighbourhood exists in the uper air between 2000 and 5000 a.s.l.

The monsoon has been generally weak over the country outside Assam, Sub-Himalayan West Bengal and Rayalaseema where widespread rain has occurred. Rainfall has occurred locally in Chota Nagpur, Bihar and hills of West Uttar Pradesh, Mysore, and South Kanara. The chief amounts of rainfall are: Chrrapunji, 14.9", Tura 2.7" Motihari and Chanda 2.2 each, Shillong 1.7", Mahabaleswar 1.5" and Tezpur 1.2" (*Aug.*) 25, (151).

5. Draw the probable weather chart for the following weather summary:—

A feeble anticyedonic circulation exists over the North and Central Bay of Bengal, upto 10,000 ft. a.s.l, upper wind discontinuity between dry air and relatively moist are to the south of it runs at 500 ft. .a.s. l. from Vengurla to Asansol through Aurangabad Seoni and Ambikapur. Pressures have generally fallen over the country. Weather has been dry over country. (*Feb.*, 6, 1952).

6. Draw the probable weather chart for the summary given below:—

The unsettled conditions now lie of Kathiawar, Sind, Makran Coast. The depression over East Bengal has intensified and is practically stationary. It has caused vigorous monsoon in Lower Burma and Bengal and active monsoon in Upper Burma, Orissa and Chota Nagpur,. The monsoon has been active along the West Coast of the Peninsula, in the North Deccan nd Gujarat,. Thunderstorms have been fiarly wide-pread in U.P., Rajputana and also occurred at a few stations in West Central India, South-east Madras, Bihar and Assam.

There has been nearly general rain in Bengal and local rain in Orissa while a few falls have occurred in Chota Nagpur ,Assam and Bihar; the chief amounts are Chittagong 8.5", Cox's Bazar 6.7" Sandheads 4.1", B Berhampore 3.6", Barisal 2.8" Burdwan 2.5", Skies were moderately to heavily clouded.

Local rains have occurred in U.P. and Berar; the chief amounts are Dehra Dun 2.8", Lucknow 1.7", Bahraich and Agra 1.3". each. Skies are moderately to heavily clouded. Rain has fallen locally in Gujrat and at a few stations in Rajputana. The chief amounts are Veraval 1.6": Ajmer .4" and Jodhpur Dwarka and Ahmedabad .3" each. Rainfall has been nearly general in the Konkan and Malavar and local in the Bombay Deccan and North Hyderabad while a few falls have occurred in Souht-east Madras; the chief amounts are Mahabaleshwar 3.7" Khandala 2.3", Mangalore 2.2", Karwar 1.5" Ratnagir 1.0". Nizamabad, 9", Salem .8" and Coonoor .7". Skies are moderately to heavily clouded. (*June*, 26, 1937).

7. Prepare a weather chart for the summary given below :—

The depression is central this morning near Agra. The Monsoon has been vigorous in U.P. in east and North Punjab, Rajputana and East Central India and active in West Central India and West Central Provinces.

NORTH-EAST INDIA

There has been nearly general rain in Chota Nagpur with local rain in Bihar and a few falls in Assam, Bengal and Orissa: the chief amounts are Calcutta 4.1", Cherrapunji .7", Naya Dumka .6" Barisal and Chandbali, .5" each. Skies are moderately to heavily clouded in the northern district of Assam and Bengal and lightly to moderatedly clouded elsewhere.

U.P., CENTRAL INDIA AND C.P.

There has been nearly general rain in U.P., Central India and West Central Provinces and local rain has occurred in the East Central Provinces: the chief amounts are Jhansi 6.1", Nowgong 2.6" Meerut 2.1" Agra. 19" Lucknow and Mainpuri 1.5" each, Dehradun 1". Skies are lightly to moderately clouded in East Central Provinces and moderately to heavily clouhed elsewdere.

NORTH-WEST INDIA

Rainfall has been nearly general in east Rajputana, local in the east and North Punjab and Gujrat and a few falls have occurred in west Rajputana: the chief amounts are Delhi and Hissar 2.5' each, Dharanpur 1.7", Simla 1.6" Mount Abu 1.4", Jodhpur 1.5" Jaipur 1.3, Baroda 1", Kutch 1.7", Ajmer.6" and Deesa .5", Skies are moderately to heavily clouded in the East Punjab, Gujrat and East Rajputana, lightly to moderately clouded in West Rajputana.

THE PENINSUALA

Rain has fallen at a few stations in the Konkan, the Bombay Deccan and the North Madras Coast; the chief amounts are Mahabaleshwar .3" and Khandala and Vizagapatam .2" each. Skies are generaly moderately clouded. (*September*, 15, 1937).

8. Prepare a weather chart for the following report :—

The western disturbance lies this morning as a low pressure area over the North-West Frontier and the Punjab and has caused local dust or thunderstorms in Sind and East Rajputana. Thunderstorms have also been widespread in the western half of the Penin sula and local in Burma and occurred at a few stations in Assam and east Central Provinces

NORTH-EAST INDIA

Shillong reports .6". Skies are clear or lightly clouded.

U.P., CENTRAL INDIA AND C.P.

Skies are clear or lightly clouded.

NORTH-WEST IDNIA

A few light thundershowers have occurred in East Rajputana. Skies are lightly to moderately clouded in Rajputana and clear or highly clouded elsewhere.

THE PENINSULA

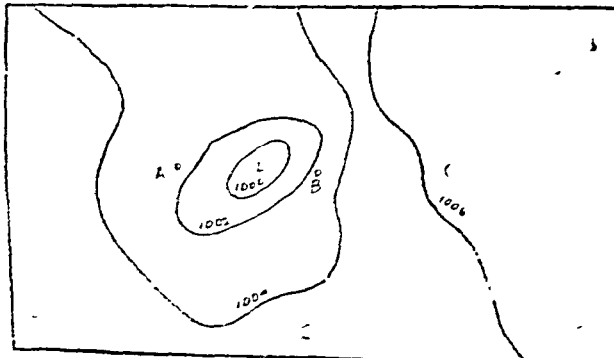
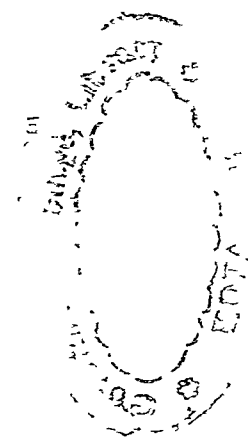
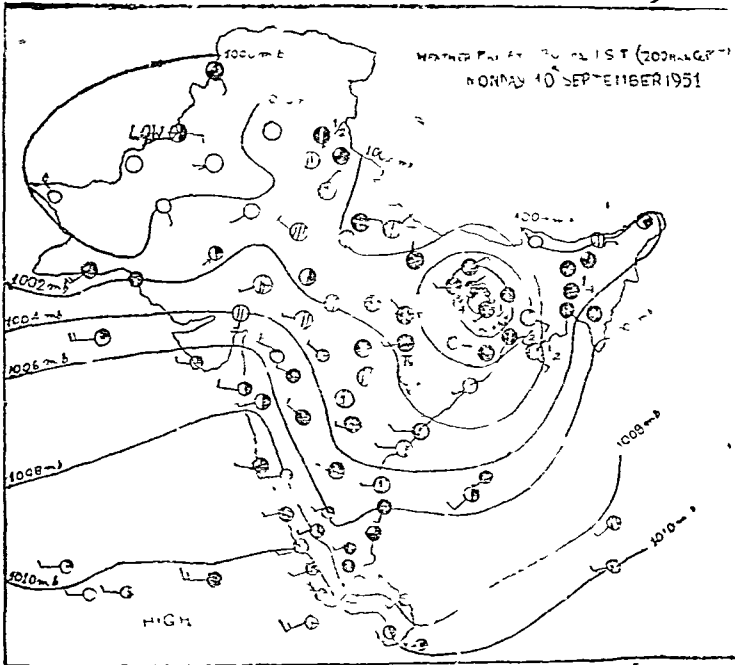
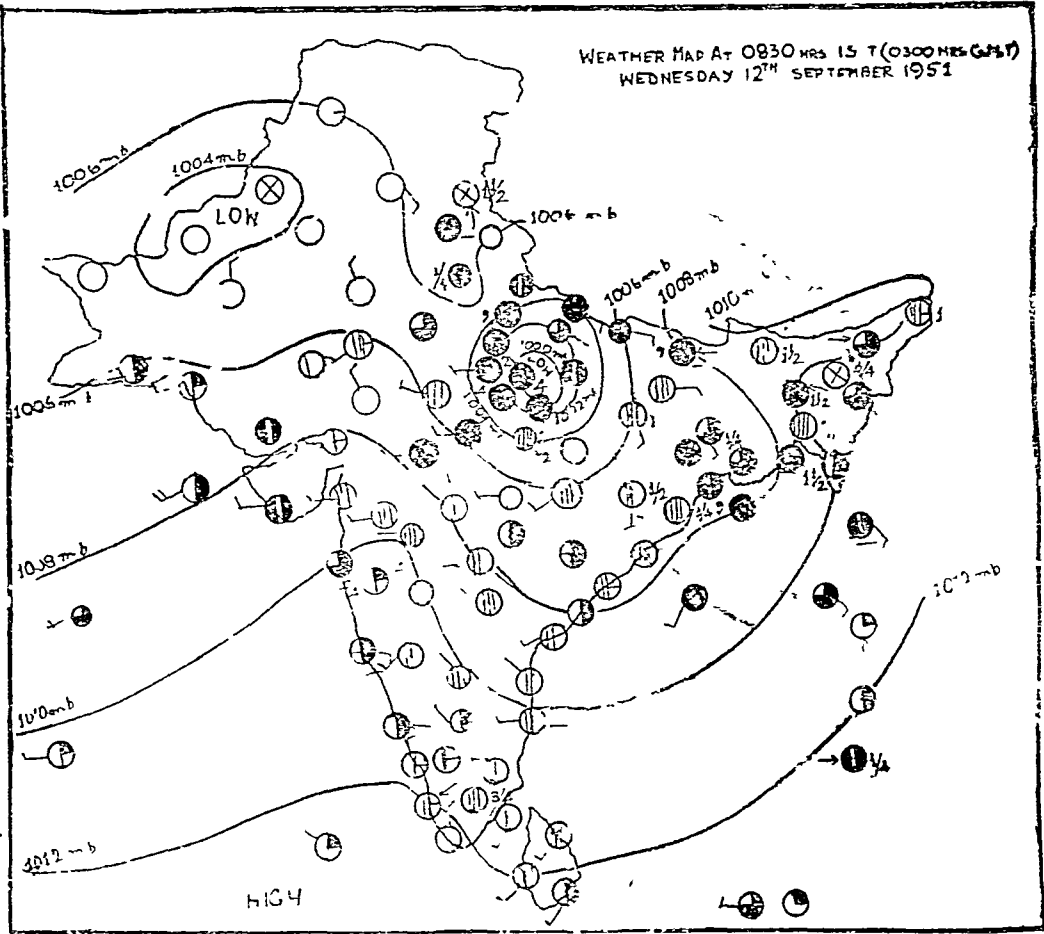
Thunder showers have ocurred locally in Mysore and at a few stations in the Bombay Deccan, Malabar and the Madras Deccan: the chief amounts are Mysore 1.4" Kodai Kanal .5", Belgaum .4", Cochin .3" and Mercara.2", Skies are lightly to moderately clouded in the western half of the Peninsula and clear or lightly clouded elsewhere. (*May*, 14, 1937).

9. Describe the probable weather at A and B in the given map.

Fig. 307.

WEATHER MAP AT 0830 HRS IST (0300 HRS GMT)
WEDNESDAY 12TH SEPTEMBER 1951

1006 mb
1004 mb
LOW
1004 mb
1006 mb
1008 mb
1010 mb
1006 mb
1008 mb
1010 mb
1012 mb
HIGH

Fig. 202 ... 203

10. Describe the weather conditions depicted in the following weather maps.

11. Draw a full page map of India and show in it the typical meteorological conditions during the active South-west monsoon period with a well developed depression located at the head of the Bay of Bengal. Make use of conventional symbols. *(Agra 'Varsity, M.A.*, 1955

12. The western disturbance has given rise to two areas of low pressures, one being over the central parts of the country, and the other over N W. Punjab. There has been local thunderstorms in C.P., C.I. and in the near and W. Himalayas. The rainfall has been general in U.P., C.I., & C.P. the chief amounts being Seoni 0.4" and Mussoorie 0.3". Skies are moderately to heavily clouded in U.P. and clear or very lightly clouded in the east C.P. and very lightly clouded elsewhere.

Maximum temperature was above normal in west C.I. and the minimum was appreciably normal throughout 48°F was lowest recorded at Dehradun. Humidity was locally in excess in the Konkan and S. Hyderabad and locally in defect in N. Hyderabad and Malabar.

Draw a full page map of India and insert the above weather conditions making full use of conventional symbols. *(Agra 'Varsity, M.A.*, 1950.)

13. A cyclonic storm has developed at the head of the Bay of Bengal and is centred at 08-00 this morning about 50 miles in South Bengal and Orissa, and active in Chota Nagpur, East U.P., but has been weak elsewhere. Fairly widespread rain has occurred in west coast of the Perninsula and west U.P., while a few falls are reported from Assam, N. Bengal and Southern Madras Coast." Draw a full page map making use of conventional symbols. *(Agra 'Varsity, M.A.*, 1951)

14. Study the weather chart given to you and note the following:
   (i) Distribution of Pressure.
   (ii) Velocity and Direction of winds and rainfall.
   (iii) General weather conditions in N.W. India. *(Agra' Varsity, M.A.*, 1952)

15. Show the following weather conditions on a sketch map of India by conventional symbols and notations for a day in November. A cyclone was moving towards Vishakhapatnam east from its centre located South west of Nicoibar Island on the previous day. The pressure and wind were normal in North-east, North west, Central India and Ganga Valley. The eastern coast received widespread rainfall. *(M,A., Allahabad*, 1959).

16. Draw a map of India and show on it the following weather conditions as they would appear in the daily weather report. "A depression has formed off the cost of Orissa and is moving towards the west. There is a strong pressure gradient towards the land and winds are blowing are at the rate of 20 to 25 konts per hour. Wide-spread cloudiness together with heavy rainfall has been recorded in eastern Orissa, Southern Bengal and south-eastern Bihar. Scattered sides of thunder lighting and showers have also been recorded." *(M.A., Prev., Alld.*, 1960).

17. Indicate the following by Weather Symbols:
   7/8 sky clouded; Haize; Mist; squall; Drifting snow.

18. Represent the following by conventional signs:
   Idgah, metalled road, metre-gauge railway, deciduous tree, Tehsil boundary, a road over railway, ravine land, telegraph line, mining centre, fort. Also explain 54 F/NW and B.N.

Problems on Topo-sheets

1. Study the topo sheet provided to you under the following heads:
   (a) Relief and Drainage, *(b)* Human Settlement. *(B.A., Gorakhpur*, 1959. *B.A., Agra*, 1960)

2. Explain the cartographic methods employed in the preparation of the topographical maps of the Survey of India taking concerete example from the one inch topo-sheets you have studied. *(M.A., Prev., Alld.*, 1959).

3. Describe the cultural features in the given survey sheet. *(M.A., Prev.. Alld.*, 1960).

4. Study the topo-sheet provided to you under the following heads.
   (a) Relief *(b)* Means of transportation and *(c)* Human Settlements.

5. Explain : $54\frac{N}{14}$

6. Study the toposheet provided to you and correlate the facts of in physical geography with those of its human geography.

Show the following by conventional signs:

Light House; District Boundary; Unmetalled Road; Spring; Bridge under a railway line.

Or

Draw a map of India and depict on it the general weather conditions on a typical day of the month of July.